Grundriss der Hygiene

von

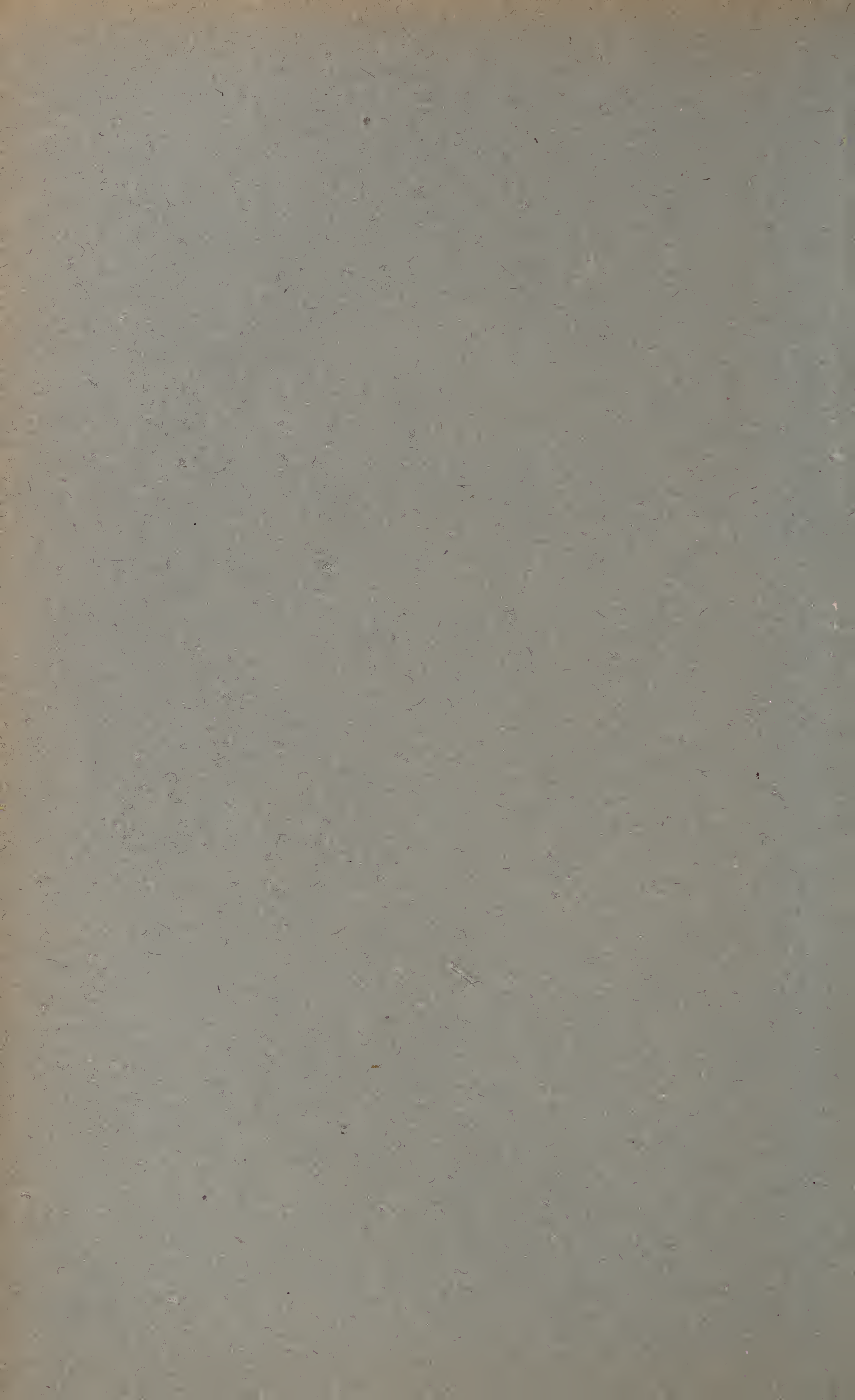
Carl Flügge

Neunte Auflage



Vereinigung wissenschaftlicher Verleger





GRUNDRISS

DER

HYGIENE

FÜR STUDIERENDE UND PRAKTISCHE ÄRZTE, MEDIZINAL- UND VERWALTUNGSBEAMTE

VON

DR. MED. CARL FLÜGGE

O. Ö. PROFESSOR UND DIREKTOR DES HYGIENISCHEN INSTITUTS DER UNIVERSITÄT BERLIN

NEUNTE, MIT BESONDERER BERÜCKSICHTIGUNG DER KRIEGS- UND NACHKRIEGSZEIT UMGEARBEITETE AUFLAGE

MIT 219 FIGUREN IM TEXT



BERLIN UND LEIPZIG 1921

VEREINIGUNG WISSENSCHAFTLICHER VERLEGER

WALTER DE GRUYTER & CO.

VORMALS G. J. GÖSCHEN'SCHE VERLAGSHANDLUNG :: J. GUTTENTAG, VERLAGSBUCHHANDLUNG :: GEORG REIMER :: KARL J. TRÜBNER :: VEIT & COMP.

Druck von Gerhard Stalling in Oldenburg i. O.

Vorwort zur neunten Auflage.

Im verflossenen Jahre sind mehrere Lehrbücher der Hygiene neu oder in neuer Auflage erschienen, so daß es fraglich erscheinen könnte, ob eine Umarbeitung meines „Grundriß der Hygiene“ einem Bedürfnis weiterer ärztlicher Kreise entgegenkommt. Ich möchte indes diese Frage bejahen, und zwar von zwei Gesichtspunkten aus. Einmal sollte nach meiner, in einer langen Lehrtätigkeit immer wieder gefestigten Überzeugung ein Lehrbuch der Hygiene nicht nur Lehrsätze und Tatsachenmaterial aneinanderreihen, sondern den Schwerpunkt darauf legen, den Leser durch Begründung und Kritik zu einem selbständigen hygienischen Urteil zu erziehen; eine Forderung, der in den neueren Lehrbüchern vielfach zu wenig Rechnung getragen wird. — Und zweitens berühren die letzterschienenen Lehrbücher gar nicht oder zu unvollständig die hygienischen Erfahrungen der Kriegs- und Nachkriegszeit, die z. B. auf dem Gebiete der Volksernährung, der Wohn- und Siedlungsfragen, der Entwicklung sozialhygienischer Einrichtungen usw. zweifellos so bedeutungsvoll sind, daß sie in einem neuen Lehrbuch vollste Berücksichtigung finden müssen.

Auch bei der vorliegenden Auflage sind mir verschiedene Kollegen durch Änderungs- und Zusatzvorschläge behilflich gewesen. Insbesondere bin ich in dieser Beziehung den Kollegen Prof. Max Neisser und Braun in Frankfurt a. M., Prof. Kisskalt in Kiel, sowie den hiesigen Professoren der Hygiene Heymann, Korff-Petersen und Grotjahn zu Dank verpflichtet.

Hygiene tut unserem Vaterlande in den kommenden Jahren mehr als je not, und energische Maßnahmen werden erforderlich sein, um die schwer geschädigte Volksgesundheit zu bessern. Gleichzeitig zwingt uns die bittere Armut, zu der wir auf lange hinaus verurteilt sind, uns viel mehr als früher auf das unbedingt Nötige zu beschränken, und die

Dringlichkeit unserer Maßnahmen für die Volkswohlfahrt sehr genau abzuwägen. In dieser schwierigen Lage kann vielleicht die kritische Übersicht des gesamten Gebiets der Hygiene, wie ich sie im „Grundriß" zu geben versucht habe, etwas dazu beitragen, um für unsere praktischen Bestrebungen zur Hebung der Volksgesundheit die zur Zeit richtigsten und geeignetsten Wege zu finden.

Berlin, im Dezember 1920.

C. Flügge.

Inhalt.

Sechstes Kapitel.

Siebentes Kapitel.

Achtes Kapitel.

Neuntes Kapitel.

Zehntes Kapitel.

Anhang.

Einleitung.

(Inhalt, Aufgaben und bisherige Leistungen der Hygiene.)

Zahlreiche statistische Erhebungen über die Sterblichkeitsverhältnisse der jetzt lebenden Menschen liefern uns den Nachweis, daß wir von dem biblischen Ideal „Unser Leben währet 70 Jahre“ weit entfernt sind. Wenn dies Alter die normale Grenze darstellt, an welcher der menschliche Körper im Kampf ums Dasein erschöpft wird, so muß eine ausschließlich aus solchen normalen Individuen bestehende Bevölkerung eine jährliche Sterblichkeit von 14,3 p. m. zeigen, d. h. auf 1000 Lebende müssen im Jahre 14,3 Gestorbene entfallen. Es befinden sich alsdann unter jenen 1000 Lebenden 14,3 im ersten Lebensjahre, 14,3 im zweiten und so fort bis schließlich 14,3 im 70. Lebensjahre. Nur die letzte Altersklasse stirbt im laufenden Jahre fort, und die Zahl der Bevölkerung wird dafür durch 14,3 Lebendgeborene regeneriert, welche wiederum je eine Lebenserwartung von 70 Jahren haben.

Selbstverständlich besteht in Wirklichkeit nirgends eine derartige Besetzung der Altersklassen und eine derartige Absterbeordnung. Auch bei einer unter den günstigsten Verhältnissen lebenden Bevölkerung wird die Mortalität größer, die durchschnittliche Lebenserwartung geringer und insbesondere die Verteilung der einzelnen Altersklassen weit weniger gleichmäßig sein.

Betrachten wir aber die Bewegung der Bevölkerung in den modernen zivilisierten Ländern, so werden wir überrascht durch ihr völlig abweichendes und zugleich nach Ländern und Bevölkerungsgruppen wechselndes Verhalten.

Die folgende, für Preußen abgeleitete Sterblichkeitstafel zeigt zwar, daß die absolute Zahl der Todesfälle unter den erwachsenen Lebensaltern bei etwa 70 Jahren am größten ist (ein gesetzmäßiges Verhalten, das auch für andere europäische Länder statistisch festgestellt wurde); daß aber im Gesamtdurchschnitt die Lebenserwartung viel geringer ist, und

daß namentlich den niederen Altersklassen bis zum dritten Jahre eine enorm hohe Sterblichkeit zukommt. (Tab. 1.)

Tabelle 1.

Sterbetafel für Preußen 1901—1910.

Alter in vollen Jahren:	Zahl der zu Anfang der nebenbezeichneten Altersstufen Überlebenden **Absterbeordnung:**		Von Tausend sterben jährlich bis zur Erreichung der nächsten Altersstufe:		Wahrscheinliche Lebensdauer in Jahren vom Eintritt in die nebenbezeichnete Altersklasse an gerechnet **Lebenserwartung:**	
	männl.	weibl.	männl.	weibl.	männl.	weibl.
0	100 000	100 000	202,34	170,48	44,8	48,3
1	79 766	82 952	39,8	38,7	55,1	57,2
2	76 585	79 761	14,9	14,6	56,4	58,5
3	75 442	78 594	9,5	9,3	56,2	58,3
4	74 727	77 867	6,9	6,8	55,8	57,9
5	74 211	77 334	5,3	5,3	55,2	57,3
10	72 827	75 845	2,4	2,6	51,2	53,4
15	72 007	74 887	2,8	3,0	46,7	49,0
20	70 647	73 564	5,0	4,2	42,6	44,8
25	68 881	71 849	5,1	5,4	38,6	40,8
30	67 092	69 848	5,6	6,0	34,6	36,9
35	65 104	67 679	7,0	6,9	30,5	33,0
40	62 598	65 283	9,2	7,7	26,2	29,2
45	59 405	62 717	12,4	8,5	22,9	25,3
50	55 340	59 812	17,0	11,3	19,4	21,4
55	50 186	55 984	23,6	16,2	16,2	17,6
60	43 807	50 780	32,6	24,7	13,1	14,2
65	36 079	43 540	47,1	39,6	10,4	11,1
70	27 136	34 078	69,4	62,1	8,0	8,5
75	17 586	25 006	106,4	98,3	6,0	6,3
80	8 987	12 348	157,9	146,5	4,4	4,7
85	3 212	4 752	231,6	217,4	3,2	3,4
90	683	1 131	320,0	295,7	2,4	2,6
95	74	157	414,0	368,6	1,8	2,1
100	4	13	496,7	420,8	1,5	2,0

In Tabelle 2 ist ferner die Zahl der Todesfälle pro 1000 Einwohner in den größeren europäischen Staaten angegeben. Die Sterblichkeit zeigt danach in verschiedenen Ländern bedeutende Unterschiede, die vor 50 Jahren zwar stärker hervortraten, aber bis jetzt noch keineswegs ausgeglichen sind. — Auch nach Lebensaltern zerlegt, treten, wie Tab. 3 zeigt, außerordentlich große Differenzen hervor.

Tabelle 2.
Allgemeine Sterbeziffern in den europäischen Ländern.

Länder	Auf 1000 Einwohner entfallen Gestorbene (ohne Totgeborene)			
	1876—1885	1886—1895	1896—1905	1906—1913
Deutsches Reich	25,8	23,9	20,6	16,5
Österreich	30,3	28,4	24,9	21,5
Ungarn	35,1	31,8	27,0	24,6
Italien	28,4	26,2	22,4	20,4
Frankreich	22,5	22,3	20,4	18,6
England und Wales	20,0	18,8	16,8	14,1
Irland	18,3	18,2	17,9	16,9
Schweden	17,8	16,5	15,8	14,0

Tabelle 3.
1907—14 starben auf 10 000 der betreffenden Altersklasse:

Altersklasse in Jahren	Deutschland	Österreich	England	Schweden
bis 1 Jahr	1930	2264	1296	793
1— 4 „	146	254	164	92
5—14 „	28	48	27	29
15—24 „	50	59	32	50
25—34 „	66	76	46	58
35—44 „	78	100	75	68
45—54 „	128	154	133	97
55—64 „	272	309	270	179
65—74 „	618	684	572	415
75—84 „	1434	1477	1282	1051
über 85 „	2935	2743	2559	2433

Beträchtliche Schwankungen werden ferner bemerkbar, wenn die Wohlhabenheit einer städtischen Bevölkerung in Rechnung gezogen wird (Tab. 4, Bremen 1901—10).

Tabelle 4.
Sterblichkeit (nach Wohlstand und Wohnung).
Auf je 10 000 Lebende jeden Geschlechts und jeder Altersstufe kommen Gestorbene:

Altersstufe	Wohlhabende			Mittelstand			Ärmere		
	männl.	weibl.	zus.	männl.	weibl.	zus.	männl.	weibl.	zus.
0— 1 Jahre	598	381	489	804	1031	909	3018	2119	2558
1— 5 „	31	25	28	65	121	92	277	246	262
5—15 „	10	24	17	20	30	25	47	34	40
15—30 „	23	9,6	12	31	24	27	62	70	66
30—60 „	86	46	62	106	70	86	165	107	136
über 60 „	547	480	507	578	548	561	518	502	509
alle Stufen	105	58	73	109	106	107	210	182	196

Die kolossale Steigerung der Todesfälle in den ersten Lebensjahren und die starken Kontraste der Sterblichkeit zwischen verschiedenen Ländern und Bevölkerungsklassen lassen die jetzige Absterbeordnung nicht etwa als einfache Folge gewisser unabänderlicher, teils vererbter, teils erworbener krankhafter Abweichungen des menschlichen Körpers erscheinen.

Wir sehen vielmehr, daß in einigen Ländern und bei den Wohlhabenden Verhältnisse vorliegen, welche dem erreichbaren Ideal sehr nahe kommen; und wenn die Bewegung der Bevölkerung in den weitaus größten Teilen der zivilisierten Länder so außerordentlich abweicht, dann berechtigt uns das zu der Annahme, daß allerlei unnatürliche und abnorme äußere Verhältnisse, unter denen der heutige Kulturmensch zu leben gezwungen ist, seine Existenz erschweren und sein vorzeitiges Erliegen bewirken. Es ist von vornherein wahrscheinlich, daß manche jener schädigenden Momente vermeidbar und viele der jetzt vorherrschenden Todesursachen durch menschliches Zutun einer Einschränkung zugänglich sind.

In Tabelle 5 ist angegeben, in welcher Weise sich in Deutschland die einzelnen Krankheiten an der Gesamtmenge der Todesfälle beteiligen. Trotzdem diese Statistik noch vielfache Mängel aufweist, welche namentlich in der Unvollständigkeit der obligatorischen ärztlichen Leichenschau liegen, so läßt sich aus derselben doch so viel entnehmen, daß allein etwa 20 Prozent aller Todesfälle auf Krankheiten und namentlich Ernährungsstörungen der Kinder zu rechnen sind; 9 Prozent entfallen auf Tuberkulose, ein großer, zeitlich wechselnder Anteil auf andere Infektionskrankheiten, 14 Prozent auf akute Erkrankungen der Respirationsorgane. Die große Mehrzahl aller Todesfälle ist also auf Infektionen, Anomalien der Nahrung und Störung der Wärmeregulierung zurückzuführen; d. h. die tödlichen Erkrankungen kommen zum größeren Teile durch offenbare Einwirkung von *schädlichen Einflüssen unserer äußeren Umgebung* auf den bis dahin gesunden Körper zustande.

Die Bedeutsamkeit der äußeren Umgebung für den Gesundheitszustand einer Bevölkerung kann im Grunde für uns nichts Überraschendes haben. Physiologie und Pathologie haben uns längst gelehrt, daß der Mensch nur lebensfähig ist durch einen steten regen Wechselverkehr mit seiner Umgebung, aus welcher er Nahrung, Wasser, Luft usw. aufnimmt, an welche er Wärme, Wasser, Kohlensäure und eine Reihe von anderen Exkreten abgibt, daß aber nur eine Umgebung von bestimmter, in gewissen engen Grenzen schwankender Beschaffenheit einen normalen Ablauf des Lebens ermöglicht. Auf jede zu intensive oder zu anhaltende Abweichung im Verhalten der äußeren Umgebung reagiert der Körper mit krankhafter Störung.

Tabelle 5.

Das Auftreten der einzelnen Todesursachen in Preußen während des Jahres 1912.

Laufende Nummer	Todesursachen	Sterbefälle auf 10000 Lebende	Von den nebenverzeichneten Todesursachen betrafen unter 100 Fällen:
1	Angeborene Lebensschwäche und Bildungsfehler	10,6	6,81
2	Altersschwäche (über 60 Jahre)	17,4	11,21
3	Im Kindbett gestorben	1,9	0,64
	darunter: Kindbettfieber	5,9	0,30
4	Scharlach	1,0	0,67
5	Masern und Röteln	1,5	0,94
6	Diphtherie und Krupp	2,0	1,32
7	Keuchhusten	2,3	1,49
8	Typhus	0,4	0,25
9	Übertragbare Tierkrankheiten	0,0	0,00
10a	Rose (Erysipel)	0,3	0,21
10b	Andere Wundinfektionskrankheiten	0,7	0,42
11	Tuberkulose	14,6	9,42
12	Lungenentzündung	13,5	8,70
13	Influenza	1,1	0,72
14	Andere übertragbare Krankheiten	0,3	0,21
15	Krankheiten der Atmungsorgane (ausschließlich 6, 7, 11, 12, 13 und 20)	8,7	5,61
16	Krankheiten der Kreislaufsorgane (Herz usw.)	15,5	9,97
17a	Gehirnschlag	5,6	3,63
17b	Andere Krankheiten des Nervensystems	5,0	3,19
18a	Magen- und Darmkatarrh, Brechdurchfall	10,8	6,96
18b	Andere Krankheiten der Verdauungsorgane (ausschl. 11b, 18c, 20)	4,6	3,3
19	Krankheiten der Harn- und Geschlechtsorgane (ausschließlich 3 und 20 u. der vener. Kr.)	2,9	1,85
20a	Krebs	7,3	4,72
20b	Andere Neubildungen	0,8	0,54
21a	Selbstmord	2,1	1,37
21b	Mord und Totschlag	0,2	0,13
21c	Verunglückung oder andere gewaltsame Einwirkung	4,1	2,63
22	Andere benannte Todesursachen	16,3	10,52
23	Todesursache unbekannt	3,9	2,54
	Überhaupt	155,2	100,00

Daher bergen sowohl die natürlichen Lebenssubstrate — Luft, Wärme, Boden, Wasser, Nahrung —, wie auch die künstlich modifizierte Umgebung des Menschen — Kleidung, Wohnung, Beruf und Beschäftigung — vielfache Krankheitsursachen, die um so gefährlicher erscheinen, weil der Mensch mit allen seinen Funktionen auf einen steten regen Verkehr mit der Außenwelt angewiesen ist. Tritt daher abnorme Sterblichkeit innerhalb einer Bevölkerung auf, oder kommt es zu auffällig starker

Erkrankung einzelner Lebensalter, oder greifen epidemische Krankheiten um sich, — fast ausnahmslos werden wir in den jeweiligen äußeren Lebensverhältnissen die Ursache zu suchen haben.

Hieraus ergibt sich ohne weiteres, daß wir das größte Interesse an einer gründlichen Durchforschung und genauen Erkenntnis der äußeren Lebenssubstrate und der dort gelegenen Krankheitsursachen haben.

Die medizinische Wissenschaft früherer Jahre hat der äußeren Umgebung des Menschen nur wenig Aufmerksamkeit geschenkt. Sie beschäftigte sich vorzugsweise mit den Vorgängen im Inneren des menschlichen Körpers, und wenn sie einmal die Beziehungen der äußeren Lebenssubstrate zum Menschen berücksichtigte, so begnügte sie sich mit einer relativ rohen Empirie und mit ergänzenden Spekulationen, exaktere Forschung auf diesem Gebiet andern Disziplinen, der Meteorologie, Chemie, Botanik, Zoologie überlassend. Da aber erfahrungsgemäß in naturwissenschaftlichen Disziplinen lediglich induktive und experimentelle Methode zu sicheren Erfolgen führt; und da wiederum die Vertreter jener andern Fächer ihre Arbeiten nicht nach medizinischen Gesichtspunkten wählten und ausführten, war der Fortschritt in der Erkenntnis der uns interessierenden Verhältnisse der Außenwelt nur ein äußerst langsamer.

Erst vor wenigen Jahrzehnten hat sich — teils infolge des schnellen Anwachsens der großen Städte und Industriezentren und der dort sich häufenden Gefahren für die Gesundheit, teils unter dem mächtigen Eindruck der verheerenden Cholerainvasionen — in den weitesten Kreisen die Überzeugung Bahn gebrochen, daß die Erkenntnis der äußeren Umgebung des Menschen und der in dieser gelegenen Krankheitsursachen eine der wichtigsten Aufgaben der medizinischen Forschung ist, und daß die hier gewonnenen Untersuchungsergebnisse einen bedeutsamen Teil der medizinischen Lehre ausmachen.

Diese Forschung und diese Lehre bilden die spezielle Aufgabe der Hygiene. Die Hygiene läßt sich daher bezeichnen als derjenige Teil der medizinischen Wissenschaft, welcher sich mit der gewohnheitsmäßigen Umgebung des Menschen beschäftigt und diejenigen Momente in derselben zu entdecken sucht, welche Störungen im Organismus zu veranlassen und seiner Entwicklung zu höchster Leistungsfähigkeit entgegenzuwirken imstande sind.

Begreift man freilich unter Hygiene, so wie es früher geschah, die Summe aller praktischen Maßnahmen zur Förderung der Volksgesundheit, so ist die Hygiene so alt wie die älteste Kultur.

Geschichtliches. Schon seit den Anfängen der geschichtlichen Zeit bestanden Sammlungen von Vorschriften, die darauf abzielten, dem Wesen nach

unbekannte, aber doch intuitiv erkannte gesundheitliche Gefahren vom einzelnen Individuum und mehr noch von Stamm, Sippe, Familie und Volk abzuwehren.

Namentlich in Ä g y p t e n und Vorderasien müssen solche Regelsammlungen in großem Umfange und bunter Mannigfaltigkeit bestanden haben. Sie wurden von den Dienern der religiösen Kulte gehütet und waren mit Sitte, Religion und wirtschaftlichen Institutionen in einer Weise eng verschlungen, daß sie selbst dort, wo sie uns noch am klarsten überliefert sind, im Alten Testament der Juden, sich nicht mehr rein herausschälen lassen. Diese Kulthygiene, wie man sie genannt hat, war mangels jeder naturwissenschaftlichen Grundlage sehr unsicher in ihrer hygienischen Wirkung, die im merkwürdigen Gegensatz zu der Umständlichkeit der einzelnen Speise-, Bade- und Fortpflanzungsregeln stand.

Den G r i e c h e n war es vorbehalten, wie auf allen anderen Kulturgebieten auch auf dem der Hygiene ein deutliches Kulturziel aufzustellen, nämlich das der Gleichwertigkeit des schönen und leistungsfähigen Körpers neben der Bildung des Geistes. Die Verwirklichung dieses Ideals suchten und fanden sie in einer hochentwickelten Gymnastik und einem sorgsam gepflegten Badewesen. Beides übernahmen von ihnen die R ö m e r und fügten dazu ein großartiges System der Städteassanierung, als deren Zeugen noch heute zahlreiche Aquädukte und Kanalanlagen in Rom und den Städten des Mittelmeeres erhalten sind.

Das aus dem Wirrsal der Völkerwanderung und dem Zusammenbruch des römischen Imperiums hervorgehende M i t t e l a l t e r war allzu stark metaphysisch orientiert und kirchlich gebunden, als daß es sich sonderlich um die Pflege der irdischen Hülle der Seele zu kümmern gewillt war. Die Städteassanierung, durch welche die Römer die Ausbreitung der Seuchen in ihren Städten zu verhindern gewußt hatten, fand in den umwallten Niederlassungen der Feudalzeit keine Nachahmung oder gar Weiterentwicklung. Vielmehr bedeuten die mittelalterlichen Städte geradezu einen Tiefstand der hygienischen Kultur, der sich denn auch in einer ungeheueren Sterblichkeit offenbart. Aber einen Fortschritt haben wir auch hier zu buchen. Es ist das Krankenanstaltswesen, das, von der christlichen Liebestätigkeit ausgehend, in allen Städten Einlaß fand und namentlich im Anschluß an die kirchlichen Orden eine hohe Blüte erreichte. Auch die wohlgelungene Bekämpfung des Aussatzes durch rücksichtslose Absonderung der Erkrankten und dauernde Verwahrung in besonderen Anstalten ist eine der wenigen Ruhmestaten des Mittelalters auf dem Gebiete der öffentlichen Gesundheitspflege.

Die furchtbaren Seuchen des 14. und 15. Jahrhunderts werden anfangs gar nicht, später mit ganz unzulänglichen Maßregeln bekämpft. Erst im 18. Jahrhundert beginnt man, systematisch Quarantänen und Anzeigepflicht für ansteckende Krankheiten einzuführen, verseuchte Wohnungen durch Räucherungen mit Schwefel oder salzsauren Dämpfen zu reinigen. Ferner werden bei der Bau-, Straßen- und Marktpolizei hygienische Gesichtspunkte berücksichtigt, und es zeigen sich die Anfänge einer Gewerbehygiene und einer Schulhygiene. In P e t e r F r a n k s „System der medizinischen Polizei“, dessen erster Band 1779 erschien, ist uns eine achtbändige Zusammenstellung aller damals für erforderlich gehaltenen hygienischen Maßnahmen überliefert, von denen die meisten nur auf roher Empirie beruhten und einer strengeren hygienischen Kritik nicht standhalten.

Einen neuen Impuls bekamen die hygienischen Reformbestrebungen in den Jahren 1830—1850 in England. Einmal war es das ungeahnt rasche Wachsen der großen Städte, das zu außerordentlichen hygienischen Mißständen führte und Abhilfemaßregeln erforderlich machte. Sodann aber wirkte akut auslösend die Cholera, die 1823 den europäischen Kontinent und bald auch England zum ersten Male heimsuchte.

Englische Ärzte wiesen damals darauf hin, daß die städtische Bevölkerung Englands eine viel höhere Mortalität hatte als die Landbevölkerung, und daß ein großer Prozentsatz der Erkrankungen und Todesfälle auf sog. „vermeidbare" Krankheiten entfiel. 1842 wurde eine königliche Untersuchungskommission eingesetzt mit dem Auftrag, den gegenwärtigen Zustand der großen Städte zu untersuchen und über die Mittel zur Abhilfe der gefundenen Schäden zu berichten. Dieser Enquete folgte 1848 die Public health Act, ein Gesetz zur Beförderung der öffentlichen Gesundheit, und dann die Durchführung großartiger praktischer Reformen. Enge dicht bewohnte Straßen und Stadtteile wurden niedergerissen, neue Quartiere mit hygienisch einwandfreien Wohnungen erbaut; durch unterirdische Schwemmkanäle oder durch besondere Abfuhrsysteme wurden die Abfallstoffe entfernt, zentrale Wasserversorgungen eingerichtet, die Nahrungsmittel einer strengen Kontrolle unterworfen, die Kranken- und Armenpflege besser organisiert. In dem energischen Streben nach Beseitigung der hygienischen Schäden beugte sich das englische Volk einer Menge von lästigen polizeilichen Kontrollen und Eingriffen in seine kommunale Selbstverwaltung. Der General Board of health hatte beispielsweise eine Anzahl Inspektoren, welche von den Gemeinden Einsicht in alle Dokumente, Pläne, Steuerrollen usw. verlangen konnten, und auf deren Bericht hin die Gemeinden zur Einrichtung eines Ortsgesundheitsamts gezwungen werden konnten, welches das Recht erhielt zur Erhebung von Steuern behufs Deckung aller im Interesse der öffentlichen Gesundheit aufgewendeten Kosten.

Ohne Zweifel wurde nach Ablauf einiger Jahre durch die englischen Reformen eine meßbare Wirkung auf den Gesundheitszustand erzielt. Die Mortalitätsziffer sank; die einheimischen infektiösen Krankheiten nahmen in vielen Städten ab oder hörten ganz auf; an Cholerainvasionen schloß sich keine Ausbreitung im Lande an. — Mit Stolz blickten Staatsmänner und Ärzte auf diese Erfolge, und die Hygiene war innerhalb kurzer Zeit nicht nur in England, sondern auch in den übrigen zivilisierten Staaten populär geworden.

Trotzdem wir auch heute dem energischen Vorgehen der englischen Hygieniker unsere Anerkennung nicht versagen können, dürfen wir uns aber doch nicht verhehlen, daß jene Reformen in erster Linie eine Besserung der sozialen Lage der ärmeren Bevölkerung, und größtenteils erst auf diesem Umwege eine Beseitigung jener Gesundheitsschädigungen bewirkten, die den eigentlichen Ausgangspunkt der Reformen gebildet hatten. Spezifisch hygienische Reformen waren damals auch gar nicht möglich; und zwar weil man über die Ursachen der hygienischen Schäden, speziell der besonders gefürchteten Infektions-

krankheiten, so gut wie nichts wußte, und weil doch lediglich diese Ursachen einer rationellen hygienischen Reform zum Angriffspunkt dienen konnten. In bezug auf die Ätiologie der Krankheiten und namentlich der Infektionskrankheiten, ließ man sich damals von allerlei, der wissenschaftlichen Begründung durchaus entbehrenden Hypothesen leiten; beispielsweise nahm man an, daß Seuchen ihre Entstehung riechenden Gasen und der Einwirkung gewisser Luftströmungen verdanken.

Die englischen Reformen sind im Grunde nur ein Beweis dafür, daß Beseitigung sozialer Mißstände und systematische Erziehung zur Reinlichkeit eine mächtige Begünstigung der Volksgesundheit veranlassen. Aber es ist auch von vornherein wahrscheinlich, daß die damalige Art des Vorgehens vom streng hygienischen Standpunkt einen starken Luxusbetrieb darstellte, und daß die hauptsächlichsten vermeidbaren Krankheiten vielfach durch einfachere Mittel beseitigt werden konnten. Und ebenso ist es wahrscheinlich, daß jene ohne Kenntnis der Krankheitsursachen durchgeführten Reformen die hygienischen Ziele oft sogar ganz verfehlt haben. In der Tat haben sich z. B. so manche damals angelegten Wasserversorgungen nicht bewährt und mußten später durch andere ersetzt werden, weil scheinbar reine, in Wirklichkeit aber sehr verdächtige Wasser gewählt waren. Ebenso kam man, geleitet von übertriebenen Ansichten über die Gefahren verunreinigten Bodens, zu Verfahren der Abfallbeseitigung, die in der Neuzeit von Grund aus geändert werden mußten. In manchen der assanierten Städte zeigten sich trotz allem ausgedehnte Typhusepidemien, als Zeichen, daß man die eigentliche Krankheitsursache nicht in richtiger Weise beseitigt hatte; und eine Reihe wichtiger endemischer Krankheiten blieb in zahlreichen Städten von den eingeführten Reformen völlig unbeeinflußt.

Offenbar lag damals eine klaffende Lücke unserer wissenschaftlichen Erkenntnis vor, die ausgefüllt werden mußte, ehe rationell begründete praktische Reformen auf dem Gebiet der Hygiene möglich waren. — Erst vor etwa 60 Jahren hat Pettenkofer eine wissenschaftliche hygienische Forschung begründet. Er war der erste, welcher eine größere Reihe von Experimentaluntersuchungen über Fragen der Heizung und Ventilation, über Kleidung, über das Verhalten von Neubauten, über das Grundwasser und die Bodenluft anstellte, und welcher dadurch der Experimentalhygiene eine erste feste Basis gab. Im Verein mit Voit legte Pettenkofer außerdem den Grund zu unseren heutigen Anschauungen über Nahrungsmittel und Ernährung. 20 Jahre später waren es besonders die Entdeckungen Kochs, welche neue Arbeitsgebiete erschlossen und für die so überaus wichtigen Fragen der Entstehung und Verbreitung der Infektionskrankheiten die Anwendung exakter Forschungsmethoden ermöglichten.

Seitdem sind auch meßbare praktische Erfolge viel deutlicher zutage getreten als früher.

Eine solche Messung und Prüfung kann nur unter Anwendung der statistischen Methoden erfolgen. — Unter medizinischer Statistik ist die zahlenmäßige Erfassung der Krankheiten der Menschen zu verstehen, und zwar sowohl nach ihrer biologischen Differenzierung, also nach Alter, Geschlecht usw., als auch besonders nach ihrer sozialen Unterscheidung, indem einzelne Bevölkerungsschichten, Wohlstandsklassen, Berufe usw. gesondert auf typische Krankheiten ausgezählt werden.

Die Bezeichnung „Statistik" ist zum ersten Male von einem Arzte in den wissenschaftlichen Sprachgebrauch eingeführt, nämlich von dem Braunschweigisch-Lüneburgischen Leibarzte und Helmstädter Professor Hermann Corning, gestorben im Jahre 1681. Der Engländer John Graunt, gestorben 1674, und der Arzt Petty, gestorben 1687, schufen die Sterblichkeitsstatistik und Edmund Halley in London berechnete nach dem Material, das ihm der Probst Kaspar Neumann aus den Breslauer Kirchenbüchern zur Verfügung stellte, die erste brauchbare Sterbetafel, gewiß ein für jene Zeit merkwürdiges Beispiel internationaler wissenschaftlicher Zusammenarbeit. Aus den Geistlichen jener Zeit gingen in Deutschland, veranlaßt durch ihre Beschäftigung mit der Registrierung der Kirchenbücher, zahlreiche Statistiker hervor, unter denen der Feldprediger Friedrich des Großen, Johann Peter Süßmilch (gestorben 1767), bei weitem der hervorragendste ist. Sein Buch „Betrachtungen über die göttliche Ordnung in den Veränderungen des menschlichen Geschlechtes, aus der Geburt, dem Tode und der Fortpflanzung desselben erwiesen" vom Jahre 1761 gilt mit Recht als die erste wissenschaftliche Bevölkerungsstatistik und ist noch heute lesenswert.

Jeder Mediziner, den der Stoff zwingt, mit Zahlen und Massenbeobachtungen zu hantieren, sollte bedenken, daß die Statistik eine wohlfundierte Wissenschaft ist, deren Methoden zur Vermeidung von Fehlschlüssen bekannt sein müssen. Die statistische Methodik kann hier nicht genauer erörtert werden. Nur auf einige elementare Fehler, denen man häufig begegnet, möge an dieser Stelle aufmerksam gemacht werden. So ist es unzulässig, Zahlen miteinander zu vergleichen, ehe man sich nicht genau darüber unterrichtet hat, wie diese Zahlen erhoben worden sind und ob das Material, aus dem sie gewonnen wurden, überhaupt einen Vergleich zuläßt. Weiterhin muß davor gewarnt werden, aus der Parallelität von Zahlenreihen ohne weiteres auf eine Kausalität zu schließen. So ist es z. B. nicht richtig, in der Abnahme der Tuberkulosesterblichkeit in den letzten Jahrzehnten vor dem Kriege eine Wirkung von Maßnahmen, die in diesen Jahren getroffen wurden, zu sehen, wenn die gleiche Abnahme in anderen Ländern schon früher und im höheren Grade auch ohne jene Maßnahmen beobachtet worden ist. Ferner sollte niemals vergessen werden, daß nur konkrete Dinge oder eindeutig umschreibbare Tatsachen sich statistisch behandeln lassen. Man kann Todesfälle zählen, Beinbrüche, Typhuserkrankungen, auch Heilungen, aber z. B. die Besserung der Lungenspitzenkatarrhe als ein der Statistik zugängliches Objekt zu behandeln, ist unzulässig. — Auch eine Überschreitung der Grenzen der medizinischen Statistik ist zu vermeiden. Diese liegen ungefähr dort, wo das Gebiet der reinen Bevölkerungsstatistik anfängt. Die

Statistik der Geburten und der Todesfälle bleibt besser dem mathematisch geschulten Statistiker vom Fach überlassen.

Die Zahl, welche angibt, wieviel Todesfälle auf das Tausend der Bevölkerung jährlich gezählt werden, nennt man die Sterblichkeitsziffer, wie man denn überhaupt stets von „Ziffern" zu sprechen sich gewöhnt hat, wenn es sich um Relativzahlen, als bezogen auf das Tausend (bei der Sterblichkeits- und Geburtenziffer) oder auf das Hundert (bei Lebendgeburten, bei der Ziffer der Säuglingssterblichkeit) oder auf Zehntausend bzw. Hunderttausend (bei der Sterblichkeit an einzelnen Krankheiten, z. B. Lungentuberkulose) handelt.

Die Sterblichkeitsziffer ist ein beliebtes Maß der gesundheitlichen Verhältnisse eines Landes oder einer Stadt und wird häufig zu Vergleichs- und Beweiszwecken verwandt, obgleich dieser Maßstab nur mit großer Vorsicht als solcher zu gebrauchen ist. Denn zählt eine Stadt oder ein Beruf oder eine Landschaft unverhältnismäßig viele Personen im rüstigen Alter und wenig Säuglinge und Greise, so wird sie unter allen Umständen eine viel geringere Sterblichkeit haben als umgekehrt. Bei jedem Vergleich der Sterblichkeit, der zur Konstruktion kausaler Beziehungen beweiskräftig herangezogen werden soll, sollte daher eine Berechnung nach Altersklassen gefordert werden; nur mit dieser Einschränkung können aus der Sterblichkeitsstatistik weitgehende Schlüsse auf Besserung der hygienischen Zustände gezogen werden.

Zu beachten ist endlich, daß durch die medizinische Statistik das Typische nur dann herausgesondert und anschaulich dargestellt werden kann, wenn es sich um ein genügend großes Material handelt, weil sonst irgendeine Zufälligkeit oder eine Regelwidrigkeit das Ergebnis dauernd zu fälschen imstande ist. Das „Gesetz der großen Zahl", dessen Beachtung allein die Unterdrückung nebensächlicher Momente verhindern kann, ist daher in der medizinischen Statistik besonders zu berücksichtigen, und man wird häufig außer Prozent- oder Promillenangaben auch die absoluten Zahlen, aus denen die Relativzahlen berechnet sind, angeben müssen, um eine Prüfung daraufhin zu ermöglichen, ob diesem Gesetz im Einzelfall Genüge geleistet ist.

Streng zu unterscheiden ist zwischen Letalität und Mortalität, für welche beide Ausdrücke leider immer noch die gleiche Bezeichnung „Sterblichkeit" gebräuchlich ist. Die Letalität ist die Tödlichkeit an einer Krankheit, bezogen auf die Zahl der Erkrankungen, während die Mortalität die Sterblichkeit angibt, bezogen auf das Tausend der Einwohner, Berufsangehörigen usw.

Die bedeutende Wirkung der hygienischen Maßnahmen, die auf Grund der Ergebnisse der wissenschaftlichen Forschung eingeleitet wurden, lassen sich aus folgenden Zusammenstellungen erkennen:

Tabelle 6.

Sterblichkeit in Deutschland. (Auf 1000 Lebende.)

Zeitraum	Sterblichkeit
1888—1892	23·75
1893—1897	22·13
1898—1902	20·71
1903—1907	18·99
1908—1910	17·04

Die gleiche Besserung der Gesundheitsverhältnisse ergibt sich aus folgender Zusammenstellung über a) die mittlere Lebensdauer (d. h. die Anzahl von Jahren, welche durchschnittlich von den Gestorbenen beim Tode erreicht ist); b) die wahrscheinliche Lebensdauer (d. h. die Anzahl von Lebensjahren, nach deren Zurücklegung der Tod bei der Hälfte aller in einem bestimmten Zeitraum Geborenen eingetreten ist).

Tabelle 7

	Mittlere Lebensdauer (Jahre)		Wahrscheinliche Lebensdauer (Jahre)	
	männl.	weibl.	männl.	weibl.
1881—1890	37,17	38,45	41,70	47,0
1891—1900	40,56	43,97	48,85	54,9
1901—1910	44,82	48,33	55,10	60,6

Statistische Vergleiche, bei denen alle Altersklassen und beide Geschlechter zusammengefaßt werden, sind allerdings mit erheblichen Fehlerquellen behaftet durch die Verschiedenartigkeiten im Altersaufbau der Bevölkerung. In den großen Städten ist diese, wie z. B. Tabelle 8 zeigt, ganz anders wie in den kleinen Gemeinden, weil die großstädtische Bevölkerung sich hauptsächlich durch Zuzug von Erwachsenen in mittleren Jahren vermehrt, während auf dem Lande die Kinder einen entsprechend größeren Anteil der Bevölkerung ausmachen. Die Sterblichkeit muß durch eine solche Verschiebung des Altersaufbaus stark beeinflußt werden, da Tabelle 3 uns lehrt, daß die Sterblichkeit der einzelnen Altersklassen außerordentlich starke Unterschiede aufweist. — Auch beim Vergleich von Sterblichkeitsziffern bei der gleichen Bevölkerung, aber zu verschiedener Zeit, ist Vorsicht geboten. Hier ist vor allem die Höhe der Geburtenziffer von bedeutendem Einfluß.

Aber auch eine Zusammenstellung nach Altersklassen führt, wie Tab. 9 zeigt, zu einem ähnlich günstigen Ergebnis wie Tab. 6 und 7:

Tabelle 8.

Altersaufbau der Bevölkerung in Deutschland 1900.

Von 1000 der Gesamtbevölkerung standen im Alter von:

	Im Deutschen Reich	In den Großstädten über 100000 Einw.	In den kleineren Gemeinden unter 40000 Einw.
0—15 Jahren	348	264	362
15—40 „	395	654 (15—60)	552 (15—60)
40—60 „	179		
60 und mehr Jahren	78	58	83

Tabelle 9.
Zunahme der Lebenserwartung in Deutschland 1871—1910.

Für die Altersklassen von:	1871—1880	1891—1900	1900—1910
	Männliche Personen		
0 Jahren	35.58	40,56	44,82
1 „	46,52	51,85	55,12
10 „	46,51	49,66	51,16
20 „	38,45	41,23	42,56
30 „	31,41	33,46	34,55
40 „	24,46	25,89	26,64
50 „	17,98	19,00	19,43
60 „	12,11	12,82	13,14
70 „	7,34	7,76	7,99
	Weibliche Personen		
0 Jahren	38,45	43,97	48,34
1 „	48,06	53,78	57,20
10 „	48,18	51,71	53,35
20 „	40,19	43,37	44,84
30 „	33,07	35,62	36,94
40 „	26,32	28,14	29,16
50 „	19,29	20,58	21,35
60 „	12,70	13,60	14,17
70 „	7,60	8,10	8,45

Einen unter Umständen brauchbaren Indikator haben wir ferner an der Abnahme der einzelnen Krankheiten, die aus Tab. 10 hervorgeht:

Tabelle 10.
In Preußen entfielen auf 10 000 Lebende Gestorbene:

	1875	1912
Überhaupt	266,5	154,9
Angeborene Lebensschwäche usw.	19,8	7,8
Scharlach	4,6	1,0
Masern	3,1	1,5
Keuchhusten	4,1	2,3
Diphtherie	15,9	2,0
Brechdurchfall, Darmkatarrh	8,6	10,7
Typhus	7,4	0,4
Ruhr	3,1	0,2
Tuberkulose	32,3	14,6
Andere Erkrankungen der Atemorgane	16,5	23,3
Herz- und Gefäßerkrankungen, Schlag	20,9	21,1
Krebs	2,3	7,3
Altersschwäche	26,8	17,4

Zu beachten ist namentlich der starke Rückgang der infektiösen Krankheiten; fast bis zum völligen Verschwinden bei Typhus und Ruhr, sehr bedeutend auch bei Diphtherie und Tuberkulose.

Noch deutlicher und unbestrittener ist die Wirkung der neueren hygienischen Lehren und Maßnahmen auf die exotischen Infektionskrankheiten, Cholera, Pest und Fleckfieber. Das Schreckgespenst der Cholera rief in Deutschland zum letzten Male 1892 eine Panik hervor. Zufällig betraf damals die erste Einschleppung eine Stadt, die in bezug auf manche hygienische Einrichtungen und namentlich in bezug auf Wasserversorgung um Jahrzehnte hinter anderen Städten zurück war; und so entstand jene explosive Hamburger Cholera-Epidemie, die an vielen Orten übertriebene Angst und Vorsichtsmaßregeln zeitigte. Es schien ganz in Vergessenheit geraten zu sein, daß wir inzwischen den Choleraerreger genau kennen und sicher vernichten gelernt hatten. Aber bald erfolgte eine Bekämpfung genau entsprechend den nunmehr erkannten Lebenseigenschaften des Erregers; und diese Bekämpfung war ebenso einfach und für den Verkehr und das wirtschaftliche Leben schonend wie sie erfolgreich war. Viele Male hat seither in Schlesien, Ostpreußen und Westpreußen eine Einschleppung von Cholera stattgefunden; an die meisten dieser Einschleppungen schlossen sich kleine Epidemien an; es gelang aber jedesmal rasch, dieselben zu begrenzen; und das Publikum hat sich an diese Erfolge bald so gewöhnt, daß eigentlich von den späteren Einschleppungen gar keine Notiz mehr genommen ist. Was ist das für ein Kontrast gegen die Aufregung und gegen die Störung von Handel und Verkehr, die sonst durch eine Cholerainvasion hervorgerufen wurde!

Ähnlich steht es jetzt mit der Pest. Diese alte Geißel des Menschengeschlechts war seit mehr als einem Jahrhundert aus Europa verschwunden, als sie plötzlich 1878 in Wetljanka im Gouvernement Astrachan auftauchte. Die Nachricht rief damals große Bestürzung in ganz Europa hervor und man sah bereits die Schrecken des „schwarzen Todes" sich wieder wie im Mittelalter über Europa ausbreiten. — Wie anders die heutige Auffassung! In zahlreichen europäischen Städten sind in den letzten Jahren Pesterkrankungen vorgekommen, und wir haben sicher noch manches neue Auftauchen von Erkrankungen zu erwarten. Aber inzwischen haben wir den Erreger, seine Existenzbedingungen, seine Verbreitungsweise genau kennengelernt; jetzt können wir die Krankheit mit sicher wirkenden und doch schonenden Mitteln bekämpfen; und die Erfahrung zeigt uns, daß sie nicht schwer, sondern relativ leicht zu tilgen oder in Schranken zu halten ist.

Eine dritte in Deutschland seit langer Zeit nicht mehr einheimische Seuche, das Fleckfieber, ist bei uns im letzten Kriege eingeschleppt und bedroht uns seitdem fortgesetzt. Auch dieser Krankheit stand man früher fast machtlos gegenüber. Nachdem aber erkannt ist, daß die Übertragung der Krankheitserreger ausschließlich durch Kleiderläuse erfolgt, und daß deren Vertilgung und Reinlichkeit namentlich in bezug auf Leib-

wäsche schon einen ausreichenden Schutz gewährt, hat auch diese Seuche ihren Schrecken für uns verloren.

Wie unrichtig ist die Vorstellung, von der man nicht selten hört und liest, daß die Entdeckung der Krankheitserreger eine übertriebene Bazillenfurcht und Beunruhigung ins Publikum getragen habe! Gerade im Gegenteil ist die verläßliche und zielbewußte Art, in der wir jetzt die Epidemien zu bekämpfen imstande sind, gewiß nur geeignet, Ruhe und Vertrauen unter der Bevölkerung zu verbreiten.

Seit dem Beginne ihrer selbständigen Entwicklung ist die Hygiene auch mannigfaltigen Einwänden gegen ihre praktische Leistungsfähigkeit ausgesetzt gewesen.

Der erste ist schon vor etwa 100 Jahren von Malthus ausgesprochen und begründet. — Nach Malthus vermehrt sich jede Bevölkerung, solange keinerlei Hemmung existiert, in geometrischer Progression, verdoppelt sich also immer in einer bestimmten Reihe von Jahren (z. B. bei 1,3 Prozent jährlichem Zuwachs alle 55 Jahre; bei 1,8 Prozent Zuwachs alle 39 Jahre); die Unterhaltsmittel dagegen können nur in arithmetischer Progression vermehrt werden. Hierdurch ist das Anwachsen einer Bevölkerung stark beschränkt, denn dieses kann naturgemäß nicht weitergehen, wenn das niedrigste Maß von Unterhaltsmitteln erreicht ist, dessen die Bevölkerung zu ihrem Leben bedarf. Jeder intensiveren Vermehrung wirken vielmehr kräftige Hemmnisse entgegen; und diese sind zum Teil vorbeugende (Beschränkung der Nachkommenschaft durch sittliche Enthaltsamkeit, Ehelosigkeit, Vorsicht nach der Heirat), im wesentlichen aber zerstörende, auf gesundheitsschädliche Einflüsse aller Art basierte (schlechte Ernährung der Kinder, Epidemien, Kriege, Hunger usw.). Wirkt eine erfolgreiche Hygiene dahin, daß die Mortalitätsziffer absinkt, der jährliche Bevölkerungszustand also größer wird, so müssen nur um so eher jene hemmenden Einflüsse zur Geltung kommen. Dauernde stärkere Zunahme der Bevölkerung kann also auch durch die hygienischen Reformen gar nicht erreicht werden.

Angesichts der starken Bevölkerungszunahme, welche die meisten Kulturstaaten in den letzten Jahrzehnten aufwiesen, war in der Tat ein Zweifel darüber wohl berechtigt, ob sich für solche Menschenmassen Unterhaltsmittel werden beschaffen lassen. Aber es ist das eine Frage, die den Hygieniker eigentlich wenig berührt. Wir können nicht eine einzige, die Gesundheit der jetzt lebenden Generation fördernde Maßnahme unterlassen, weil eventuell kommenden Generationen der Nutzen wieder verloren geht oder gar Schwierigkeiten daraus erwachsen. Außerdem aber ist es zweifellos, daß gerade in unserer jetzigen Zeit das Malthussche Gesetz in bezug auf die langsame und begrenzte Ver-

mehrung des Unterhalts seine Gültigkeit verloren hat. Auf den verschiedensten Wegen gelingt es, solange nicht Krieg und wirtschaftliche Umwälzungen störend eingreifen, dank den sich häufenden wissenschaftlichen Entdeckungen und technischen Erfindungen, den Kreis der nutzbaren Lebensmittel zu erweitern. Die Landwirtschaft kann eine gesteigerte Produktion in Aussicht stellen durch neue Hilfsmittel für die Regenerierung des Stickstoffs und der Phosphorsäure des Ackers, durch wirksame Bekämpfung der Viehseuchen, durch Heranziehung elektrischer Kraft für ihre Betriebe. Schon ist der Chemie die künstliche Herstellung von Kohlehydraten im Laboratorium geglückt, und in nicht zu ferner Zeit werden vielleicht die technischen Schwierigkeiten überwunden sein, welche sich einer rentablen künstlichen Herstellung mancher Nährstoffe noch entgegenstellen. Schon jetzt gelingt es, aus billigem Material oder aus Abfallprodukten der Industrie vollwertige Surrogate für teuere Nährstoffe herzustellen. Und schließlich sind die modernen Verkehrsmittel imstande, durch reichlichen Import eine ungenügende heimische Produktion in hohem Maße auszugleichen.

Allerdings treten gleichzeitig sehr deutlich jene Hemmnisse der weiteren Vermehrung der Bevölkerung zutage, die Malthus als vorbeugende bezeichnet, und die sich namentlich in einer Verminderung der Nachkommenschaft und in einer geringeren Bevölkerungszunahme aussprechen.

Tabelle 11 (vgl. Tab. 2).

Auf 1000 Einwohner entfielen:

	1876—85		1886—95		1896—1905		1906—13	
	Lebendgeborene	Geburt.-überschuß	Lebendgeborene	Geburt.-überschuß	Lebendgeborene	Geburt.-überschuß	Lebendgeborene	Geburt.-überschuß
Deutschland . . .	38,0	12,2	36,5	12,6	35,2	14,6	29,5	13,0
Österreich	38,4	8,1	37,6	9,2	36,4	11,5	31,9	10,4
Ungarn	44,4	9,3	42,5	10,7	38,3	11,3	36,0	11,4
Italien	37,3	8,9	36,6	10,4	33,2	10,8	32,4	12,0
Frankreich	24,9	2,4	22,8	0,5	21,8	1,4	19,5	0,9
England u. Wales .	34,2	14,2	30,9	12,1	28,6	11,8	24,9	10,8
Irland	24,7	6,4	22,9	4,7	23,3	5,4	32,1	6,2
Schweden	29,8	12,0	28,1	11,6	26,4	10,6	24,4	10,4

Tab. 11 zeigt, wie der Bevölkerungszuwachs, gemesssen durch den Überschuß der Lebendgeborenen über die Sterbefälle, in allen Kulturländern allmählich abnimmt, am stärksten in Frankreich. Aber auch in Deutschland nimmt die Geburtenziffer in den letzten Jahren vor dem Kriege, namentlich in den Städten, stetig ab; und die Fruchtbarkeitsziffer, d. h. die Zahl der Geburten, die auf je 1000 gebärfähige Frauen im Alter von 15—45 Jahren entfällt, betrug in Preußen:

		in den Städten:	auf dem Lande:
1876—1880 . . .	174,6	160,6	182,9
1906—1910 . . .	143,7	118,7	168,9
1911 . . .	129,5		

Noch viel stärker ist der Rückgang der ehelichen Fruchtbarkeit in den Großstädten, z. B. in Berlin, aufgetreten:

1876 . . .	240	1896 . . .	138
1880 . . .	206	1900 . . .	127
1884 . . .	184	1904 . . .	112
1888 . . .	172	1908 . . .	104
1892 . . .	159	1912 . . .	80

Die Abnahme der Geburtenziffer ist sogar so rasch erfolgt, daß ein Rückgang der Bevölkerungszunahme befürchtet werden mußte; denn eine noch erheblich fortschreitende Verringerung der Sterblichkeitsziffer, des zweiten dafür maßgebenden Faktors, ist kaum mehr zu erwarten.

Dieser Geburtenrückgang beruht nicht etwa auf Degeneration und Zeugungsunfähigkeit; nur Alkoholismus und Geschlechtskrankheiten geben in größerer Ausdehnung zu physischer Unfruchtbarkeit Anlaß und sind infolge des Anwachsens der Städte in den letzten Jahren *etwas* an dem Rückgang beteiligt. Im wesentlichen kommen vielmehr jene von *Malthus* betonten *freiwilligen Hemmungen* in Betracht, die durch die vorschreitende Kultur und durch den wirtschaftlichen und kulturellen Aufstieg der breiten Volksmassen angeregt und gefördert werden. Auf der Grundlage der höheren Kultur entwickelt sich in allen Schichten der Bevölkerung teils ein gesteigertes Gefühl der elterlichen Verantwortlichkeit, teils „ein zügelloser Individualismus, eine Überschätzung von materiellem Besitz und Genuß als Lebensgüter und eine damit zusammenhängende, anscheinend unhemmbar fortschreitende Steigerung der Lebensansprüche“ (v. *Gruber*).

Die Fragen der „*Bevölkerungspolitik*“ haben *infolge des 4jährigen Krieges* für die beteiligten Staaten und ganz besonders für Deutschland außerordentliche Bedeutung gewonnen. Genaue statistische Daten über den durch den Krieg veranlaßten Ausfall an Menschenleben sind zurzeit noch nicht veröffentlicht. Aber die durch die „Dänische Studiengesellschaft für soziale Folgen des Krieges“ bekannt gewordenen ungefähren Zahlen gewähren doch einen vorläufig ausreichenden Einblick in die furchtbaren Wirkungen, die der Krieg auf die Bevölkerungsbewegung ausgeübt hat. Nach den von C. *Döring* im Auftrage dieser Gesellschaft veröffentlichten Zusammenstellungen sind die Verluste des *deutschen* Heeres mit rund 2 Millionen Toten in Ansatz zu bringen. Zweitens ist die Sterblichkeit der Zivilbevölkerung in Deutschland durch die Einflüsse des Krieges, insbesondere die mangel-

hafte Ernährung, gegenüber den letzten Friedensjahren um rund 700 000 Todesfälle gesteigert. Drittens kommt der Geburtenausfall infolge der Abwesenheit der Männer in Betracht; und dieser ist auf den ungeheueren Betrag von 3,6 Millionen zu beziffern. Die Gesamteinbuße an Menschenleben beträgt somit für Deutschland 6,3 Millionen!

Für Österreich-Ungarn, England (Großbritannien und Irland) und Frankreich sind die Verluste ebenfalls vorläufig ermittelt und in der folgenden Tabelle zusammengestellt.

Tabelle 12.

Mencheneinbuße durch den Krieg 1914—18.

(Die eingeklammerten Zahlen bedeuten Prozente der Bevölkerung von 1913)

	Deutschland Mill.	Öster.-Ungarn Mill.	England Mill.	Frankreich Mill.
Kriegsgefallene . . .	2,0 (3%)	1,5 (2,9%)	0,8 (1,7%)	1,4 (3,5%)
Sonstige Zunahme der Sterblichkeit . . .	0,7 (1%)	0,5 (1,1%)	0,2 (0,5%)	0,25 (0,7%)
Geburtenausfall . . .	3,6 (5,3%)	3,8 (7,1%)	0,85 (1,9%)	1,5 (3,8%)
Dieser im Vergleich zur Friedenszahl durchschnittlich	46%	53%	18%	47%
Gesamtverlust . . .	6,3 (9,3%)	5,8 (11,0%)	1,85 (4,0%)	3,15 (8,0%)
	17,1 Millionen			

Die Einbuße der 4 Staaten zusammen beträgt danach 17,1 Millionen. Zu bedenken ist, daß die nahezu 6 Mill. Kriegsgefallenen sämtlich kräftige Männer im Alter von 18—45 Jahren waren, und daß dadurch der Altersaufbau der Bevölkerung und das Zahlenverhältnis der Geschlechter stark verschoben ist; der Frauenüberschuß hat sich in England fast verdoppelt, in den anderen Ländern verdreifacht. Noch auf lange Jahre hinaus werden ferner namentlich die Wirkungen des Geburtenausfalls fühlbar werden; in einigen Jahren wird die Zahl der Schulrekruten etwa auf die Hälfte sinken, weiterhin wird in demselben Maße unsere wirtschaftliche Arbeit des jungen Nachwuchses entbehren müssen; nach ca. 20 Jahren werden viel weniger Ehen geschlossen und demnächst wiederum entsprechend weniger Kinder geboren werden. — Um diese ganzen furchtbaren Folgen des Krieges zu bekämpfen, werden auch hygienische Maßnahmen mit Anspannung aller Kräfte rücksichtslos durchgeführt werden müssen, unbekümmert um alle Einwände, welche gegen die Leistungen der Hygiene bezüglich der Zahl der Individuen ins Feld geführt werden können.

Eine besondere Betrachtung erfordern aber noch die Bedenken, die von Spencer gegen die Leistungen der Hygiene bezüglich der

Qualität der Bevölkerung erhoben sind. Spencer stellt sich im großen ganzen auf den Malthusschen Standpunkt, fügt aber noch die Behauptung hinzu, daß durch die Verminderung der Schädlichkeiten eine Anzahl schwächerer Individuen am Leben erhalten werde, welche sich dann vermehren und so die durchschnittliche Tüchtigkeit herabsetzen. Die schwächlicher gewordene Gesellschaft vermöge dann auch den geringer gewordenen Schädlichkeiten nicht zu widerstehen, und so komme die Sterblichkeit bald wieder auf das frühere Maß, und die hygienische Besserung sei vergeblich gewesen. — Auch der Kampf der Hygiene gegen die Infektionskrankheiten kann vom Standpunkt der Rassenhygiene beanstandet werden, insoweit man diese Krankheiten als Mittel zur Herstellung einer besseren Auslese betrachtet. Wird ein Teil der Menschen durch die Tuberkulose rasch dahingerafft, so bedeutet das einen geringeren Schaden, als wenn sie durch frühzeitige Gegenmaßregeln länger am Leben erhalten werden, mit geschädigten Keimzellen Kinder produzieren und dadurch neue „Minusvarianten“ schaffen.

Solche Deduktionen treffen indes die Hygiene eigentlich nicht. Die Hygiene hat nicht sowohl die Aufgabe, Erkrankte und Degenerierte am Leben zu erhalten, sondern vielmehr die Erkrankung und Degeneration zu verhüten. Werden durch hygienische Maßregeln gewisse Schädlichkeiten beseitigt, denen gegenüber eine Anzahl von Individuen die Schwächeren waren, so sind diese nach Beseitigung der Schädlichkeit gar nicht mehr die Schwächeren, sondern sie waren es nur gegenüber jenen bestimmten Krankheitsursachen. Auch die für Infektionskrankheiten Disponierten sind nicht etwa die allgemein schwächeren, weniger leistungsfähigen und den Nachwuchs verschlechternden Individuen; vielmehr suchen Cholera, Typhus, Diphtherie usw. ihre Opfer oft gerade unter den kräftigsten Männern und Kindern, die nur infolge einer besonderen Epithelbeschaffenheit, Giftempfänglichkeit u. dgl. diesen Krankheiten erliegen, aber wenn sie gegen die Aufnahme der Erreger geschützt werden, die Rasse keineswegs verschlechtern. Die furchtbare Säuglingssterblichkeit betrifft auch nicht vorzugsweise Kinder, die von Anfang an schwächlich waren und zu kräftigen Menschen nicht heranwachsen konnten, sondern ursprünglich vollgesunde Kinder sehen wir durch unverständige Behandlung und Diätfehler disponiert werden für die Seuchen der heißen Sommermonate, die sie nun in großer Zahl blitzartig dahinraffen. Und wenn wir die zur Erkrankung an Tuberkulose Disponierten vor der Ansiedlung des Krankheitserregers von Jugend auf wirksam zu schützen vermögen, so konservieren wir uns damit nicht notwendigerweise schwächliches Menschenmaterial; sondern die Minderwertigkeit dieser Menschen bestand vielleicht im wesentlichen nur darin, daß sie für den Tuberkelbazillus empfänglich waren, und sie sind lebens- und

leistungsfähig wie andere und liefern vollwertigen Nachwuchs, wenn diese spezifische Gefahr beseitigt ist.

Eine andere Frage ist die, ob auch die tunlichste Erhaltung der Degenerierten und bereits Erkrankten für die Rasse empfehlenswert ist. Der Kulturmensch kann sich zweifellos der Aufgabe, auch die Geschwächten nach Möglichkeit zu erhalten, nicht entziehen. Aber freilich besteht in der Gegenwart vielleicht in übertriebenem Maße das Bestreben, gerade die Schwachen zu schützen, sie am Leben zu erhalten und ihnen die Fortpflanzung zu ermöglichen. Demgegenüber muß betont werden, daß es wichtigste Aufgabe der Rassenhygiene ist, die Fortpflanzung der Vollgesunden mit allen Mitteln zu unterstützen (F. Galtons „Eugenik"), dagegen der Vermehrung jener Minusvarianten nach Möglichkeit vorzubeugen. — Auch die Bedeutung dieser Aufgabe ist durch die Kriegsverluste gesteigert; denn wir haben nicht nur die enorme Zahl der Kriegsopfer zu beklagen, sondern auch den Verlust einer Auslese von Tüchtigsten, der sich sehr schwer wird ausgleichen lassen.

Aber gerade in diesem Sinne kann man viele hygienische Reformen als nutzbringend ansehen: sie bewirken eine gewisse Auslese der Bevölkerung derart, daß die sittlich und intellektuell höherstehenden Menschen vor den übrigen bevorzugt werden. — Dies ergibt sich, wenn man zweierlei Arten von hygienischen Reformen unterscheidet: erstens generelle, von denen alle ohne jedes Zutun des einzelnen profitieren. Dahin gehören z. B. allgemeine obligatorische Impfungen, wie die Schutzpockenimpfung; Kanalisation und Wasserversorgung, wenn sie allen Einwohnern in gleicher Weise zugänglich gemacht wird. Zweitens hat aber ein sehr großer Teil der hygienischen Reformen mehr fakultativen Charakter, und durch diese kann dann eine gewisse elektive Wirkung ausgeübt werden. Z. B. kann bei Diphtherie ein ungünstiger Ausgang durch frühzeitige Anwendung von Serum verhütet werden. Nur die Eltern, die ihre Kinder sorgsam hüten und das Auftreten der ersten Krankheitssymptome beachten, haben den vollen Vorteil von jenem Verfahren; während es in nachlässigen, indolenten Familien keinen Erfolg hat. Ebenso kommt es bei der Phthise auf große Sorgsamkeit im Verhüten der Ansteckung an; leichtsinnige und willensschwache Menschen gefährden ihre Umgebung in viel höherem Maße. Mögen wir in der kritischen Zeit der Hochsommerepidemien Maßnahmen zum Schutz der gefährdeten Säuglinge treffen, immer wird ein Teil der Mütter durch nachlässige Behandlung der Kinder oder durch törichte Ernährung eine günstige Wirkung nicht aufkommen lassen. Und wenn in manchen Kulturländern die Schutzpockenimpfung nicht obligatorisch, sondern nur empfohlen ist, so wirkt dies entschieden im Sinne einer Auslese, indem gerade derjenige Teil der Bevölkerung sich die Vorteile dieser fakultativen Maßregel ent-

gehen läßt, der zu indolent ist oder die Tragweite seiner Unterlassung nicht zu beurteilen vermag.

Kurz — wir wenden uns mit zahlreichen hygienischen Reformen stets nur an einen *Teil* der Bevölkerung; nicht etwa an den bemittelteren, sondern im Gegenteil sind es selbstverständlich stets die ärmeren Klassen, die vorwiegend unsere Fürsorge erfordern; wohl aber nur an diejenigen, die Verständnis, sozialen Sinn und guten Willen in ausreichendem Maße den Reformen entgegenbringen.

Die so durch die hygienischen Bestrebungen zustande kommende intellektuelle und moralische Auslese darf man nicht gering veranschlagen. Die Gesundheit ist der Güter höchstes nicht; und wenn schließlich eine Hebung der Volksgesundheit in noch höherem Grade als jetzt gelänge durch hygienische Reformen von durchweg generellem Charakter, und wenn davon unterschiedslos auch die moralisch und intellektuell minderwertigen Elemente betroffen würden, so könnte doch die Zeit kommen, wo, gerade begünstigt durch die Erleichterung der physischen Existenzbedingungen, ein kultureller Niedergang und eine Gefährdung von Kunst, Wissenschaft und Sitte drohen würde. Dem vermag jener fakultative Charakter der meisten hygienischen Maßnahmen entgegenzuwirken. Und so sehen wir, daß die Hygiene auch in den Kampf für die idealen Güter kräftig einzugreifen hat, und daß sie sich hierin den übrigen wissenschaftlichen Fächern anreiht, von denen jedes in seiner Weise in diesem Kampfe mitzuwirken berufen ist.

Eine ungezwungene *Einteilung des Inhalts* der Hygiene ist durch die Fülle und Ungleichartigkeit des Materials einigermaßen erschwert. Zweckmäßig werden zwei größere Abteilungen dadurch hergestellt, daß zunächst die allgemeinen, überall in Betracht kommenden Einflüsse der *natürlichen* Umgebung besprochen werden; diesen gegenüber sind zweitens die *speziellen* Einflüsse der *künstlich* durch Eingreifen des Menschen modifizierten Umgebung zu erörtern. Es würde jedoch das Verständnis nur erschweren, wollte man diese Gruppierung in rigoroser Weise durchführen. In einzelnen Kapiteln, wie z. B. beim Wasser, ist die Beschreibung der künstlichen Einrichtungen zur Wasserversorgung nicht wohl von der Schilderung der natürlich gegebenen Bezugsquellen des Wassers zu trennen. Demnach wird die angegebene Einteilung nur im allgemeinen für die Reihenfolge der einzelnen, im Inhaltsverzeichnis näher aufgeführten Kapitel maßgebend sein.

Die folgende Darstellung berücksichtigt in erster Linie die hygienischen Beziehungen zwischen der Außenwelt und dem menschlichen *Individuum*; denn die Art, wie das Individuum auf schädliche Momente der Umgebung reagiert, muß die Grundlage für die Bewertung

der hygienisch bedeutsamen Faktoren liefern. Daneben sind aber auch die Aufgaben und Leistungen der sozialen Hygiene nicht zu vernachlässigen. Diese behandelt die hygienischen Bedürfnisse von Bevölkerungsgruppen und die in deren Interesse durch Sitte, Vereinbarungen und gesetzliche Verordnungen geschaffenen Einrichtungen. Sie hat insbesondere die Erfahrungen zu sammeln und zu sichten, die Staat, Gemeinden, Versicherungskörperschaften und Wohlfahrtsvereine in ihrem Kampfe gegen Tuberkulose, Säuglingssterblichkeit, Alkoholismus, Geschlechtskrankheiten usw. bereits gemacht haben, und hat die ferneren derartigen Bestrebungen an der Hand der Erkenntnisse der persönlichen Hygiene in richtige Bahnen zu leiten. Die soziale Hygiene muß sich demgemäß mit den verschiedensten Wohlfahrts- und Fürsorgeeinrichtungen befassen, ihre Wirksamkeit unter Anwendung richtiger statistischer Methoden prüfen, Forderungen für die Zukunft begründen und rassenhygienische Probleme bearbeiten. Im Hinblick auf die ungeheuere Bedeutung dieser Aufgaben für eine Beschleunigung des Wiederaufbaus unserer Bevölkerung erscheint es wünschenswert, an einigen Hochschulen besondere Forschungs- und Unterrichtsstätten für soziale Hygiene einzurichten; auch der übliche hygienische Unterricht der Medizinstudierenden und die für diesen berechneten Lehrbücher werden — neben den nach wie vor unentbehrlichen und im Vordergrund verbleibenden Lehren der persönlichen Hygiene — weit mehr als früher die sozialhygienischen Bestrebungen berücksichtigen müssen.

Nicht zu verwechseln ist — wie es manchmal geschieht — mit der sozialen Hygiene die soziale Medizin. Diese behandelt die ärztliche Tätigkeit auf sozialem Gebiete und besonders die Aufgaben des praktischen Arztes gegenüber der modernen sozialen Gesetzgebung. Sie hat also als Lehr- und Arbeitsgebiet nichts mit der Hygiene gemein. Wenn trotzdem vielfach einzelne Teile der Hygiene, z. B. Gewerbehygiene, Seuchenbekämpfung usw., in die soziale Medizin einbezogen werden, so geschieht das mit Unrecht. Diese Kapitel setzen für Unterrichts- und Forschungszwecke vollste Vertrautheit mit den Lehren und Methoden der Hygiene voraus und können daher nur in der Hygiene eine sachgemäße Behandlung erfahren.

Literatur über soziale Hygiene, hygienische Statistik und Rassenhygiene: Grotjahn-Kaup, Handwörterbuch der sozialen Hygiene. 1912. — Grotjahn, Soziale Pathologie. 1912. — Mosse und Tugendreich, Krankheit und soziale Lage, München 1912. — Gottstein und Tugendreich, Sozialärztl. Praktikum, Berlin 1918. — Prinzing, Handbuch der mediz. Statistik. 1906. — Kisskalt, Einführung in die Medizinalstatistik, Leipzig 1919. — von Gruber-Rüdin, Katalog zur Abteilung „Rassenhygiene“ der Dresdener Hygiene-Ausstellung, 2. Aufl. 1913. — v. Gruber, Die Bedeutung des Geburtenrückgangs, D. Viert. f. öff. Ges. Bd. 46. Heft 1. — Fahlbeck, Der Neomalthusianismus, Arch. f. Rassenbiol. 1911. — J. Wolf, Der Geburtenrückgang. 1912.

Erstes Kapitel.

Die klimatischen Einflüsse.

In der freien Atmosphäre laufen eine Reihe von Erscheinungen ab, welche in hohem Grade hygienisches Interesse beanspruchen; und zwar kommen teils physikalische Vorgänge, wie die Druck-, Bewegungs-, Feuchtigkeits-, Temperatur-, Licht- und Elektrizitätsverhältnisse der Atmosphäre in Betracht; teils das chemische Verhalten der Luft, ihr Gehalt an Sauerstoff, Ozon, Kohlensäure und fremden Gasen; und drittens die Beimengung staubförmiger Bestandteile.

Viele der physikalischen Prozesse faßt man gewöhnlich in den Ausdrücken „Witterung und Klima" zusammen. Unter Witterung versteht man speziell die betreffenden physikalischen Vorgänge in der Atmosphäre während einer bestimmten kürzeren Zeit; unter Klima dagegen das mittlere Verhalten der meteorologischen Faktoren, welches für irgendeinen Ort durch längere Beobachtung sich ergeben hat.

Beide, Wetter und Klima, sind von alters her als hygienisch bedeutungsvoll erkannt; beide werden jetzt noch von Ärzten und Laien gern als Ursache zahlreicher geringer oder schwerer Störungen der Gesundheit angeschuldigt. Statistische Erhebungen haben ferner gezeigt, daß gewisse Krankheiten nur in einem bestimmten Klima vorkommen, daß andere eine wesentlich verschiedene Ausbreitung zeigen, je nach den klimatischen Verhältnissen des Landes. Ebenso hat sich herausgestellt, daß das Auftreten verschiedener Krankheiten variiert je nach dem Wechsel der Jahreszeiten und der Witterung.

Es wird daher erforderlich sein, sowohl die einzelnen klimatischen Faktoren wie ihre vereinte Wirkung darauf zu prüfen, inwieweit sie für den Ablauf des menschlichen Lebens von Bedeutung sein können. — Dabei wird es nicht zu vermeiden sein, daß schon in diesem Kapitel an manchen Stellen auch die künstlich modifizierten klimatischen Einflüsse, denen wir in Kleidung und Wohnung ausgesetzt sind, mit in Betracht gezogen werden, während deren ausführliche Würdigung den späteren Kapiteln „Kleidung" und „Wohnung" vorbehalten bleibt.

A. Der Luftdruck.

Die Messung des Luftdrucks erfolgt für hygienische Zwecke in der üblichen Weise durch Quecksilberbarometer oder Holosteric-(Aneroid-)Barometer (auch selbstregistrierende Apparate). Um den Luftdruck an verschiedenen Orten und zu verschiedenen Zeiten vergleichen zu können, müssen die Barometerablesungen auf 0° des Meeresniveaus reduziert werden. Die erstere Reduktion erfolgt nach der Formel: $B_0 = \frac{B}{1 + t \cdot 0{,}001815}$, in der B_0 den auf 0° reduzierten, B den abgelesenen Barometerstand und t die Lufttemperatur bedeutet. Die Reduktion auf Meeresniveau geschieht für hygienische Zwecke hinreichend genau, wenn man die Höhenlage des Orts in m durch 11 dividiert und die gefundene Zahl dem Barometerstand B_0 hinzuzählt. Für genauere Berechnungen ist Hann's Lehrb. d. Meteorologie oder Jelinek's Anleitung zu meteor. Beob. einzusehen.

Örtliche und zeitliche Verteilung des Luftdrucks.

Die Tagesschwankung des Luftdrucks ist geringfügig und in der gemäßigten Zone unregelmäßig. Die Monats- und Jahresschwankung zeigt in unserem Klima das Minimum im Sommer, das Maximum im Winter. Die monatliche Amplitude beträgt bei uns etwa 12—20 mm; die Jahresamplitude macht in maximo 30—40 mm aus; zwischen den Extremen mehrerer Jahre können 40—50 mm Differenz liegen, was aber immerhin erst eine Exkursion um 6 Prozent des gesamten Luftdrucks repräsentiert.

Die örtliche Verteilung des Luftdrucks wird gewöhnlich registriert durch Isobaren, d. h. Linien, welche die Orte mit gleichem Luftdruck bzw. mit gleichem Monatsmittel des Luftdrucks verbinden (die Barometerstände auf Meeresniveau reduziert). Eine Karte der Isobaren zeigt geschlossene Kreise, um welche konzentrisch in größerem oder geringerem Abstand die übrigen Isobaren folgen (vgl. Fig. 1, S. 29). Es existieren sonach lokal begrenzte Maxima und Minima, und von diesen Zentren aus steigt oder fällt der Luftdruck nach allen Richtungen hin. Auch diese örtliche Vergleichung läßt indessen nur eine geringe Amplitude der Schwankungen erkennen; dieselben bewegen sich zwischen 740 und 780 mm, betragen also höchstens 5 Prozent des gesamten Luftdrucks.

Weitaus stärkere Schwankungen resultieren, wenn die Höhenlage nicht eliminiert wird, da im Mittel jede Erhebung um 11 m eine Druckabnahme um 1 mm, jedes Hinabsteigen unter das Meeresniveau eine entsprechende Steigerung bewirkt. So ist in der Stadt Mexiko (2270 m) 586 mm, im Dorf S. Vincente (bei Portugalete, Bolivia) (4580 m) 436 mm Barometerstand beobachtet. Bei vorübergehendem Aufenthalt wurden noch niedrigere Ablesungen erhalten: so im Luftballon von Berson und Süring in 10 500 m Höhe 202 mm Hg.

Anderseits sind Menschen in tiefen Bergwerken bei oft langdauerndem Aufenthalt und anstrengender Arbeit einem um 50 mm und mehr über das Normale gesteigerten Luftdruck ausgesetzt. Viel höherer Druck (bis zu 2, 3 Atmosphären und mehr) kommt in den Taucherglocken und in den sogenannten Caissons zustande, mit deren Hilfe Arbeiten unter Wasser ausgeführt werden (s. im 9. Kap.). Die oben aufgeführten örtlich und zeitlich wechselnden Druckschwankungen des Luftmeeres verschwinden fast gegenüber diesen enorm großen Exkursionen.

Hygienische Bedeutung der Luftdruckschwankungen.

1. **Stark gesteigerter** Luftdruck ruft zunächst eine Verlangsamung und Vertiefung der Atmung hervor; der Puls wird ein wenig verlangsamt. Bei geschlossener Tube wird das Trommelfell eingewölbt und dadurch das Gehör beeinträchtigt. Sprechen und Pfeifen ist erschwert, auch die sonstige Muskelarbeit etwas behindert. Alle diese Erscheinungen gleichen sich unter normalem Luftdruck bald wieder aus, nur bei längerem Aufenthalt bleibt abnorme Ausdehnung der Lunge leicht bestehen.

Außer der Druckwirkung kommt noch der Einfluß der vermehrten Sauerstoffaufnahme in Frage. Da komprimierte Luft in 1 cbm eine dem stärkeren Druck entsprechend größere Gewichtsmenge Sauerstoff enthält, als weniger dichte Luft, da aber das eingeatmete Luftvolum mindestens das gleiche bleibt, so müßte eigentlich eine stärkere Sauerstoffaufnahme erfolgen.

In der Tat wird beim Aufenthalt in komprimierter Luft das Venenblut heller; zu einer erheblichen Vermehrung des Blutsauerstoffs kommt es jedoch nicht, da das Hämoglobin schon bei weniger als gewöhnlichem Druck mit Sauerstoff gesättigt ist und eine vermehrte Aufnahme von Sauerstoff daher nur mittels einfacher Absorption im Plasma erfolgen kann. Bedeutendere Schädigungen werden daher selbst durch sehr stark vermehrten Luftdruck nicht ausgelöst. Dagegen muß der Übergang aus der komprimierten Luft in gewöhnliche mit größter Vorsicht erfolgen; bei raschem Wechsel können durch plötzlichen Austritt der im Blut absorbierten Gase in Form von Gasblasen gefährliche Gefäßverstopfungen entstehen (s. im 9. Kap.).

2. **Stark verminderter** Luftdruck wirkt teils durch die Druckabnahme, teils durch Verminderung der Sauerstoffzufuhr. Das Trommelfell wölbt sich nach außen, Muskelbewegungen sind erleichtert; die Atmung wird durch Ausdehnung der Magen-Darmgase und Hinauftreiben des Zwerchfells etwas beeinträchtigt. — Nicht ohne Bedeutung ist unter manchen Verhältnissen die mit der Abnahme des Luftdrucks sich einstellende Er-

leichterung der Wasserverdampfung von der Haut, wenn dieselbe auch nicht gerade hohe Werte erreicht.

Einflußreicher ist die verminderte Sauerstoffzufuhr. In 2000—2500 m Höhe ist die im gleichen Luftvolum enthaltene Sauerstoffmenge schon um mehr als ein Viertel verringert; in 5000 m Höhe ist sie fast auf 50 Prozent reduziert, so daß das gleiche Quantum Sauerstoff unter gewöhnlichem Luftdruck bei einem Gehalt der Luft von nur 11 Prozent Sauerstoff aufgenommen werden würde; man kann also mit einem kurzen Ausdruck sagen, daß die Luft in 5000 m Höhe nur noch 11 Prozent Sauerstoff enthält. Diese Verminderung macht sich aber physiologisch relativ wenig bemerkbar, weil — wie oben erwähnt — die Aufnahmefähigkeit des Hämoglobins für O sehr langsam mit dem Druck abnimmt, so daß es bei nur 50 Prozent des normalen O-Drucks immer noch zu 92 Prozent gesättigt ist. — Das maßgebende für den Gaswechsel ist allerdings die Zusammensetzung der Alveolarluft. Diese zeigt bei 5000 m Höhe nur 30—35 mm O-Spannung, und dabei würde Gefährdung eintreten, wenn nicht durch Beschleunigung der Blutzirkulation und Vermehrung der Atemfrequenz ein Ausgleich geschaffen würde. Der Puls steigt bei 1000 m Erhebung um 4—5, in 4000 m Höhe um 12—20 Schläge pro Minute (einige Beobachter behaupten, daß diese Zunahme sich bei längerem Aufenthalt in gleicher Höhe wieder verliere); die Atemfrequenz ist bei 4000 m nahezu verdoppelt; das Atemvolum dagegen verringert. Außerdem hat sich aus den vielfach einander widersprechenden Versuchsresultaten schließlich doch ergeben, daß unter dem Einfluß des verminderten Partiardrucks des Sauerstoffs eine Zunahme der roten Blutkörperchen und eine Vermehrung des Hämoglobingehalts des Bluts zustande kommt. Infolgedessen treten erfahrungsgemäß keine Symptome verminderter Sauerstoffzufuhr bis zu einer Höhe von etwa 3000 m auf und erst in 4—5000 m Höhe ist schwächliche Konstitution und verminderte Leistungsfähigkeit der Bewohner unausbleiblich (Zuntz).

Bei vorübergehendem Aufenthalt in größeren Höhen kommt es leichter zu Gesundheitsstörungen, weil die akute Veränderung nicht immer eine genügende Anpassung des Körpers gestattet. Es tritt dann hochgradige Ermüdung, Herzklopfen, Atemnot, Schwindel, schließlich Bewußtlosigkeit ein, oft kommt es zu Hämorrhagien. An diesen Wirkungen ist sowohl die Druck- wie die Sauerstoffabnahme (weniger die von Mosso angeschuldigte geringere CO_2-Spannung des Blutes) beteiligt; die O-Abnahme am wesentlichsten, da bei Ballonfahrten die Erfahrung gemacht wurde, daß durch zeitweises Einatmen von reinem Sauerstoffgas die meisten störenden Erscheinungen vermieden werden. — Bei der sog. „Bergkrankheit“ sind die ähnlichen Symptome, die hier schon unter

3000 m auftreten können, nur zum Teil auf Druck- und O-Abnahme, zum Teil dagegen auf die Kälte, den Wind und vielleicht auch das elektrische Verhalten der Luft, namentlich aber auf die anstrengende Muskelarbeit zurückzuführen; bei Ruhe pflegen die Erscheinungen zu schwinden.

Die Schwankungen des Luftdrucks, wie sie in den Isobaren zum Ausdruck kommen, oder die zeitlichen Differenzen desselben äußern offenbar keinerlei direkte Wirkungen auf den gesunden Menschen. Was statistisch über Änderungen im subjektiven Befinden und im psychischen Verhalten infolge von Luftdruckabnahme ermittelt ist, bedarf noch weiterer kritischer Prüfung. Ein indirekter Einfluß zeigt sich darin, daß die Barometerschwankungen Bewegungen der im Boden enthaltenen Luft veranlassen; beim Sinken des Luftdrucks erhebt sich die Bodenluft über die Oberfläche und kann in die Wohnungen eindringen. — Ferner spielen die Luftdruckschwankungen zuweilen eine Rolle beim Entstehen der sogenannten „bösen Wetter“ in Steinkohlengruben, weil das in tieferen Erdspalten sich findende Methan, das mit Luft gemengt explosiv ist, infolge plötzlichen Sinkens des Luftdrucks in größerer Masse in die Gruben einzutreten vermag.

B. Die Luftbewegung.

Die Bewegungsvorgänge in der Atmosphäre zeigen sich aufs innigste abhängig von den Verhältnissen des Luftdrucks bzw. der Temperatur.

Messung der Luftbewegung. Die Richtung des Windes wird bestimmt durch frei aufgestellte Windfahnen, die aus zwei im Winkel von 20° gegeneinander geneigten Flügeln bestehen.

Die Stärke der Luftbewegung kann entweder approximativ ermittelt werden; schwächste Strömungen durch die Ablenkung einer Kerzenflamme, durch Tabaksrauch, Flaumfedern oder dergleichen; stärkerer Wind durch Feststellung seiner Wirkung auf Baumblätter, Baumzweige usw. — Zu genaueren Messungen benutzt man Anemometer; entweder statische, bei denen der Druck des Windes gemessen wird, oder dynamische, bei welchen man die Geschwindigkeit aus der Zahl der Umdrehungen eines Rotationsapparates entnimmt (Flügel-Anemometer; Robinsonsches Schalenkreuz-Anemometer). — Die nachstehende, der 6stufigen, sog. Landskala entsprechende Tabelle gibt einen Vergleich der empirisch beobachteten Windgeschwindigkeit und der durch statische und dynamische Instrumente gemessenen. Vielfach wird eine 12stufige „Seeskala“ benutzt. — Mit großen Schwierigkeiten ist die Wahl eines für die Aufstellung der Anemometer geeigneten Ortes verbunden. Wenige Meter über der Erdoberfläche sind Hemmnisse nicht zu vermeiden; und in größerer Höhe sind die gefundenen Werte mit denen in unserer Umgebung nicht vergleichbar. Außerdem wechselt, wie sich an selbstregistrierenden Anemometern zeigen läßt, die Windgeschwindigkeit fortwährend in sehr hohem Grade, so daß kurz dauernde Beobach-

tungen keine Charakteristik für längere Perioden geben. — In Mittelwerten für längere Zeit werden enorme Differenzen verwischt.

	Windstärke	Geschwindigkeit des Windes	Winddruck	Wirkungen des Windes
	0—6	Meter in der Sekunde	Kilogr. auf den Quadratmeter	
0	Stille	0—0,5	0—0,15	Der Rauch steigt gerade oder fast gerade empor.
1	Schwach	0,5—4	0,15—1,9	Für das Gefühl merkbar, bewegt einen Wimpel.
2	Mäßig	4—7	1,9—6	Streckt einen Wimpel, bewegt die Blätter der Bäume.
3	Frisch	7—12	6—16	Bewegt die Zweige der Bäume.
4	Stark	12—20	16—42	Bewegt große Zweige und schwächere Stämme.
5	Sturm	20—29	42—112	Die ganzen Bäume werden bewegt.
6	Orkan	über 29	über 112	Zerstörende Wirkungen.

Verteilung der Luftbewegung auf der Erdoberfläche.

Die Winde, welche durch die Gleichgewichtsstörungen im Luftmeer bedingt sind, werden im allgemeinen in senkrechter Richtung zu den Isobaren nach dem Luftdrucksminimum hin oder vom Maximum weg sich bewegen; und sie werden um so raschere Strömung zeigen müssen, je kürzer die Wegstrecke zwischen zwei Isobaren wird, je dichter letztere aufeinander rücken und je steiler also der Abfall des Luftdrucks ist.

Während die Luftteilchen in solcher Weise von allen Seiten nach einem Minimum hin oder von einem Maximum weg strömen, erleiden sie noch eine gewisse Ablenkung, teils durch die Erdumdrehung, teils durch die Zentrifugalkraft. Es entstehen also Spiralen, welche auf der nördlichen Halbkugel von links nach rechts nach dem Minimum hin, bzw. vom Maximum fort sich bewegen. Die von einem Minimum beherrschten Strömungen nennt man Zyklonen, die von einem Maximum ausgehenden Winde Antizyklonen. Die letzteren zeigen eine relative Ruhe und Unveränderlichkeit, während die Zyklonen im allgemeinen veränderliches Wetter bewirken. Minima und Maxima findet man oft in lebhaft fortschreitender Bewegung; auf der nördlichen Halbkugel wandern die Minima vorzugsweise von West nach Ost; sie können sich unter Umständen mit einer Geschwindigkeit von 800—1000 Kilometer pro 24 Stunden bewegen.

Eine gute Übersicht über die momentan herrschenden Windverhältnisse geben die synoptischen Witterungskarten (Fig. 1), die täglich von den amtlichen Wetterdienststellen ausgegeben und von vielen Tagesblättern publiziert werden. Auf diesen Karten sind die Isobaren eingezeichnet; ferner Pfeile, welche die Windrichtung anzeigen (der runde Kopf des Pfeiles geht voran), und durch die Fiederung des Pfeiles die Windstärke (sechs ganze Striche bedeuten stärksten Orkan). Der Kopf der Pfeile gibt außerdem durch die verschiedene Schattierung

Aufschluß über den Grad der Bewölkung; ein Punkt neben dem Kopf bedeutet Regen.

In der gemäßigten Zone stehen die Luftströmungen unter dem Einflusse der Zyklonen und Antizyklonen; häufig findet ein regelloser Wechsel der Windrichtung und Windstärke statt. In Westeuropa herr-

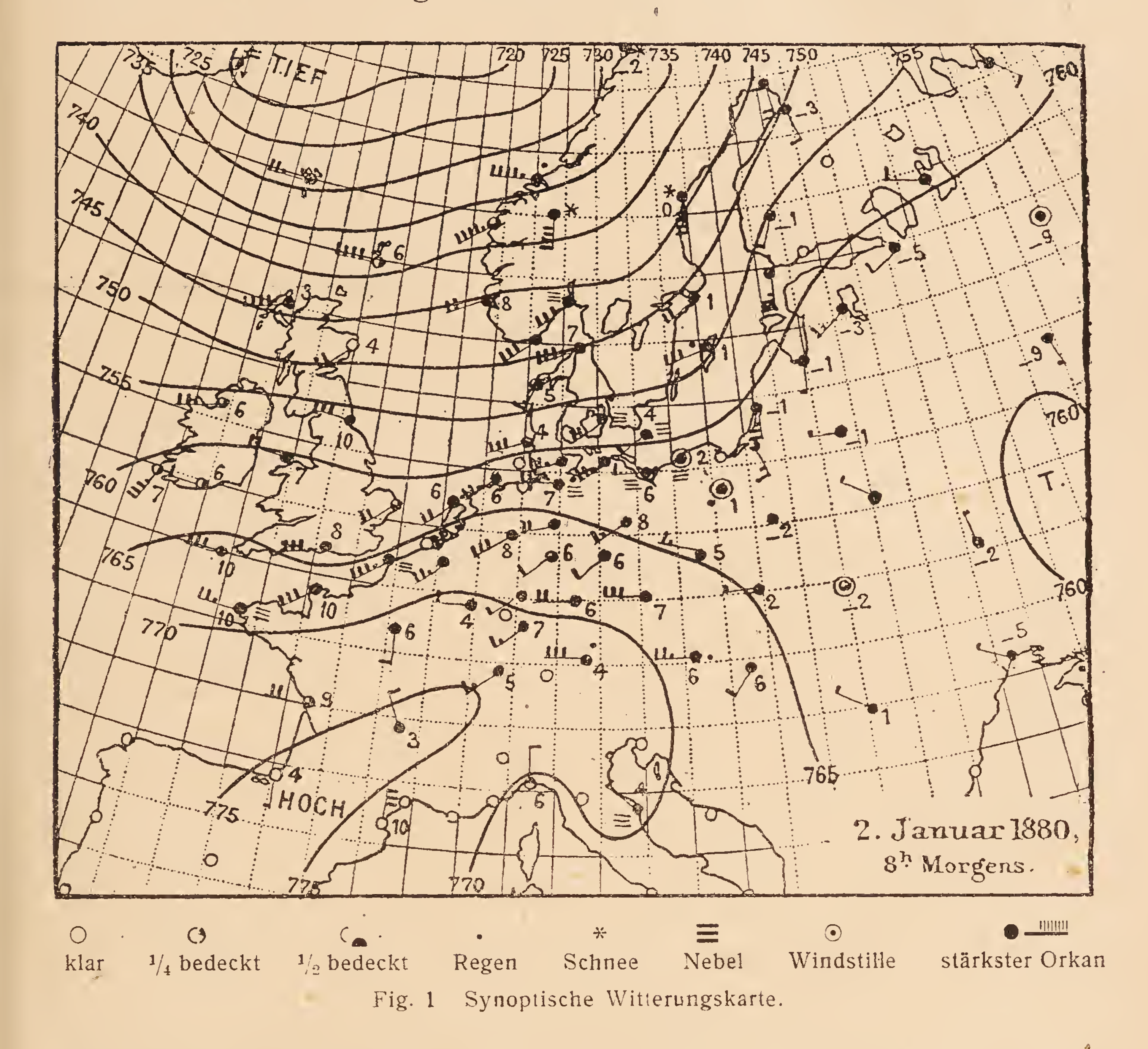


Fig. 1 Synoptische Witterungskarte.

schen im allgemeinen West- und Südwestwinde vor, und zwar unter dem Einflusse von Depressionen, welche über dem Atlantischen Ozean entstehen und von da nach Nordosten fortschreiten.

Außerdem treten an vielen Orten lokale Ursachen für die Windbewegung hinzu. So haben wir am Meeresufer häufig lokale Land- und Seewinde; vormittags findet in den oberen Schichten eine Strömung von dem stark erwärmten Land zur See statt, in den unteren Schichten umgekehrt, in den Abendstunden erfolgt allmählicher Ausgleich und in der Nacht stellt sich eine entgegengesetzte Strömung her wie am Tage, weil jetzt das Land stärkere Abkühlung erleidet. — Höhere Gebirgskämme führen zu Föhnwinden dadurch, daß die Luftmassen, die über den Kamm ziehen, sich beim Herabsinken erwärmen und eine höheres Sättigungsdefizit bekommen. Ferner beobachtet man in Gebirgs-

tälern eine Periodizität der Luftströmungen, indem am Tage ein energisches Aufsteigen der erwärmten Talluft, nachts dagegen ein Niederströmen der kalten Luft eintritt. Größere nahe der Meeresküste gelegene Gebirgskämme pflegen oft sehr starke Temperaturdifferenzen und dadurch heftige lokale Winde zu veranlassen, so den Mistral in der Provence, die Bora in Dalmatien usw.

Außer der Richtung und Stärke des Windes ist auch seine sonstige Beschaffenheit, namentlich die Temperatur und die Feuchtigkeit der Luft, von Bedeutung. Für meteorologische Zwecke sucht man die mittlere Temperatur, Feuchtigkeit usw. für jede einzelne Windrichtung aus langjährigen Beobachtungen zu ermitteln. Man erhält in dieser Weise Charakteristika der Windrichtungen und zugleich lokale Wahrscheinlichkeitszahlen für das Wetter, welches jede Windrichtung bringt.

Regelmäßige zeitliche Schwankungen der Windrichtung und Windstärke kommen in unserem Klima nicht vor; wir können höchstens eine sturmreichere Jahreshälfte von Ende September bis Ende März unterscheiden gegenüber einer ruhigeren, welche sich über Sommer und Herbst erstreckt.

Hygienische Bedeutung der Luftbewegung.

Die Windrichtung ist nur bedeutungsvoll durch den begleitenden Charakter des Windes, durch die Temperatur, Feuchtigkeit, Wolken, Niederschläge, welche eine bestimmte Windrichtung mit sich zu bringen pflegt.

Die Windstärke ist von bedeutendem Einfluß auf die Wärmeabgabe des Körpers, und darauf beruht die mächtige Wirkung der bewegten Luft im Freien. Hier ist selbst bei Windstille und schwachem Wind noch eine Luftbewegung von ½—3 Meter vorhanden, ungleich mehr, als je in geschlossenen Räumen beobachtet wird. — Es ist festgestellt, daß gegenüber leblosen Körpern die Abkühlung durch Leitung bzw. Konvektion sich proportional der Quadratwurzel aus der Windgeschwindigkeit verhält. Die Abkühlung z. B. einer 30° warmen Glaskugel innerhalb 5 Minuten erfolgt (allerdings nur während der Zeit, wo die Temperaturdifferenz konstant ist) nach der Gleichung: $D = 0{,}094\ (30\ t)\ \sqrt{v}$, wo D die Abkühlung in Graden, t die Lufttemperatur, v die Windgeschwindigkeit bedeutet. Bei + 20 u. 2 m Wind beträgt z. B. diese Abkühlung in 5 Minuten = 1,3°; bei 12 m Wind = 3,25°; bei + 0° = 3,96 bzw. 9,75°. Diese stärkere Abkühlung durch die bewegte Luft im Freien äußert sich auch am lebenden Menschen innerhalb der praktisch hauptsächlich in Betracht kommenden mittleren Temperaturlagen. Hier sinkt die Wärme sowohl der nackt getragenen Hautstellen wie der bekleideten Oberflächen im Wind um 4 bis 7°. Schon bei schwachen Strömen resultiert daraus ein erfrischendes Gefühl, das namentlich dann hervortritt, wenn die Haut

durch warme ruhende Luft oder durch körperliche Arbeit stärker erwärmt, blutreich und feucht geworden war und dadurch Unbehagen hervorgerufen hatte. Die vorher schwierige und nur durch aktive Beteiligung der Haut ermöglichte Entwärmung des Körpers geht im Winde durch vermehrte Leitung leicht von statten. Dabei wird der Stoffwechsel zum Teil geändert: in mittleren Temperaturlagen wird die Wasserdampfabgabe von der Haut bedeutend herabgesetzt, Atemgröße und CO_2-bildung bleiben ungefähr gleich; bei ausgesprochenen Kältesymptomen wird CO_2 und Atemgröße gesteigert; bei Wärme über 30° sinkt die CO_2 etwas ab.

Außer der Erfrischung, welche bewegte Luft gewährt, scheint die Luft im Freien die Lust zur Nahrungsaufnahme anzuregen, und zwar nicht nur durch die Steigerung des Kraftwechsels, die erst bei kühleren Temperaturen erheblich wird, sondern (wie Versuche der New Yorker Ventilations-Kommission und manche Erfahrungen mit Freiluft-Liegekuren vermuten lassen) durch einen besonderen, von den getroffenen Hautteilen ausgelösten Reiz.

Drittens geht von der bewegten Luft eine Reizwirkung aus auf diejenigen Hautnerven, von denen der Füllungszustand der Blutgefäße abhängt. Bei Wind sehen wir an den nackt getragenen Stellen der Haut, Gesicht und Händen, daß sie zunächst erblassen, daß Anämie der Haut eintritt; aber nur für sehr kurze Zeit; bald rötet sich die Haut, offenbar weil die abgekühlten Nerven vasomotorische Zentren zur Wiedererweiterung der Hautgefäße angeregt haben. Diese Reaktion wiederholt sich beim Aufenthalt im Wind fortgesetzt, weil die Luftbewegung im Freien in ihrer Geschwindigkeit außerordentlich stark wechselt und weil infolgedessen immer wieder kräftige Kältereize mit Nachlaßperioden alternieren. Die Vasomotoren der Haut werden dadurch geübt, erforderlichenfalls prompt mit Gefäßerweiterung zu reagieren und uns so gegen Kälteempfindung zu schützen; diese Reaktion macht die Haut schließlich dauernd blutreicher und hindert vermutlich das Zustandekommen von Erkältungskrankheiten, deren erste Ursache in einer fühlbaren Abkühlung der Haut zu suchen ist. Je größere Teile der Haut unbekleidet der Windwirkung ausgesetzt und an ein promptes Reagieren der Gefäßnerven gewöhnt werden, um so größer wird die „Abhärtung“ gegen Erkältungen; Luftbäder mit wenig bzw. sehr leicht bekleidetem Körper können diese abhärtende Wirkung der bewegten Luft besonders gut vermitteln.

Der günstige Einfluß des Aufenthalts und der Körperbewegung im Freien, der Liegekuren, der Luftbäder und Waldschulen ist hauptsächlich auf die Wirkungen der bewegten Luft zurückzuführen.

Andererseits können stärkere Winde bei kaltem Wetter in außerordentlich hohem Grade schädliche Wirkungen durch zu intensiven Wärmeverlust (Erkältungen, Erfrierungen) befördern, trotzdem der Körper einer zu stark abkühlenden Wirkung des Windes bei niederer Temperatur durch gesteigerte Wärmeproduktion bis zu einem gewissen Grade zu begegnen vermag. — Ferner ist die zerstörende Gewalt der heftigsten Stürme und Orkane zu erwähnen, denen alljährlich eine große Anzahl von Menschen zum Opfer fällt. Zum Schutze der Seefahrer werden, wenn sich aus den synoptischen Witterungskarten (s. S. 29) drohende Stürme erkennen lassen, von der Seewarte in Hamburg an die Häfen der Küste telegraphische Sturmwarnungen gesandt.

Indirekt haben die Winde insofern hygienische Bedeutung, als sie ein lebhaftes Durchmischen der Atmosphäre verursachen, üble Gerüche, schädliche Gase und suspendierte Bestandteile schnell ins Unendliche verdünnen und eine einigermaßen gleiche Beschaffenheit der Luft garantieren. Auch die Lüftung der Wohnungen ist zu einem erheblichen Teile von der Windrichtung und Windstärke abhängig. — Ferner sei der mächtige Einfluß des Windes auf die Austrocknung an freien Flächen, speziell an der Bodenoberfläche betont; heftigere Winde können starke Belästigung dadurch herbeiführen, daß sie große Massen von Staub aufwirbeln und der Luft beimengen.

C. Die Luftfeuchtigkeit.

Verhalten des Wasserdampfes in der Luft. Der beim Verdunsten des Wassers gebildete Wasserdampf verteilt sich gleichmäßig in der Luft und übt dort einen gewissen Druck aus, so daß das Barometer um einige Millimeter fallen müßte, wenn die Luft plötzlich getrocknet würde. Die Menge des in der Luft enthaltenen Wasserdampfes kann durch den von diesem ausgeübten Druck (Spannung, Tension) gemessen werden; man gibt daher die Wasserdampfmenge gewöhnlich in Millimetern Quecksilbersäule an. — Um den Feuchtigkeitszustand der Atmosphäre zu beurteilen, bestimmt oder berechnet man folgende Größen:

1. Die maximale Feuchtigkeit. Mit steigender Temperatur vergrößert sich das Aufnahmevermögen der Luft für Wasserdampf; je wärmer daher die Luft, um so höher kann der Druck des Wasserdampfes steigen. Für jeden Temperaturgrad ist aber die Aufnahmefähigkeit der Luft für Wasserdampf scharf begrenzt, es existiert für jeden Grad ein Zustand der Sättigung mit Wasserdampf oder der maximalen Tension des Wasserdampfes; sobald Temperaturerniedrigung eintritt, muß Kondensation von Wasserdampf oder Taubildung eintreten, da nunmehr die der höheren Temperatur entsprechende Wasserdampfmenge nicht mehr von der kälteren Luft in Dampfform behalten werden kann. Die maximale Feuchtigkeit für jeden Temperaturgrad ist aus der „Spannungstafel“ (s. im Anhang) ohne weiteres abzulesen. Für gewöhnlich ist aber die Luft nicht mit Wasserdampf gesättigt, sondern enthält eine geringere Menge, so daß bei der

betreffenden Temperatur noch mehr Wasser in Dampfform aufgenommen werden könnte. Die dann wirklich in der Luft vorhandene Wasserdampfmenge bezeichnet man als

2. Die absolute Feuchtigkeit, d. h. diejenige Menge Wasserdampf in Millimetern Hg oder in Gramm oder Liter pro 1 cbm Luft ausgedrückt, welche augenblicklich in der Luft enthalten ist. Dieser Ausdruck bildet gewöhnlich die Grundlage für die Berechnung der übrigen Faktoren.

3. Die relative Feuchtigkeit oder die Feuchtigkeitsprozente geben die vorhandene Feuchtigkeit an in Prozenten der für die betreffende Temperatur möglichen maximalen Feuchtigkeit. Bezeichnet man die maximale Feuchtigkeit mit F, die absolute mit F_0, so sucht die relative Feuchtigkeit das Verhältnis $\frac{F_0}{F}$ anzugeben oder in Prozenten berechnet $\frac{100\ F_0}{F}$.

4. Das Sättigungs-(Spannungs-)defizit, mißt die Differenz zwischen maximaler und wirklich vorhandener absoluter Feuchtigkeit, also $F—F_0$; dasselbe wird ausgedrückt entweder in Millimeter Quecksilber (Spannungsdefizit) oder in Gramm Wasserdampf auf 1 cbm Luft (Sättigungsdefizit). Beide Ausdrücke zeigen sehr geringe Differenzen; im folgenden wird der Ausdruck Sättigungsdefizit auch für die Spannungsdifferenz gebraucht.

5. Der Taupunkt, d. h. diejenige Temperatur, für welche die Luft mit der augenblicklich vorhandenen Wasserdampfmenge (absolute Feuchtigkeit) gesättigt ist; oder: für welche F_0 die Bedeutung von F hat. Sobald diese Temperatur um ein Minimum erniedrigt wird, muß Kondensation, Taubildung eintreten. Die Taupunktbestimmung dient wesentlich zur Wetterprognose.

Methoden zur Bestimmung der Luftfeuchtigkeit.

1. Bestimmung durch Wägung des Wasserdampfes, welcher aus einem gemessenen Luftvolum durch Schwefelsäure oder Calciumchlorid absorbiert ist.

2. Kondensationshygrometer, bestimmen den Taupunkt und aus diesem mit Hilfe der oben gegebenen Tabelle die absolute Feuchtigkeit. (Daniel, Regnault.)

3. Haarhygrometer; entfettete Haare verkürzen sich bei relativ trockener Luft und verlängern sich mit steigender relativer Feuchtigkeit. In passender Weise aufgehängt und mit einem Zeiger verbunden, der sich auf einer Skala bewegt, geben sie direkt die relative Feuchtigkeit in Prozenten an. Die Instrumente sind sehr veränderlich und müssen häufig kontrolliert werden. Eine leichte Kontrolle gestatten die Koppeschen Hygrometer. — Zur Beobachtung des menschlichen Hautklimas zwischen den Kleiderschichten dient das Wurstersche Kleiderhygrometer.

4. Atmometer, messen das in der Zeiteinheit von einer bekannten Fläche verdunstete Wasser. Mit den bisher konstruierten Atmometern sind jedoch zuverlässige Angaben nicht zu erhalten.

5. Psychrometer. Man beobachtet zwei Thermometer, von welchen die Kugel des einen mit Musselin umhüllt und mit Wasser befeuchtet ist; an dem feuchten Thermometer wird Wasser verdunsten und Wärme latent werden, und

zwar um so energischer, je trockener die Luft und je niedriger der Barometerstand ist; das feuchte Thermometer muß eine um so niedrigere Temperatur gegenüber dem trockenen Thermometer zeigen, je austrocknender die Luft wirkt. Hat das feuchte Thermometer seinen tiefsten Stand erreicht, so liest man beide Thermometer ab und berechnet (s. Anhang) mit Hilfe von Tabellen (Psychrometertafeln des Preuß. meteorol. Instituts) die absolute Feuchtigkeit.

Das Psychrometer liefert ungenaue Angaben, sobald die Windgeschwindigkeit, welche die Verdunstung gleichfalls energisch beeinflußt, wechselt. Vergleichbare Werte erhält man daher sowohl im Freien, wie besonders in der Zimmerluft nur dann, wenn man stets einen Luftstrom von gleicher Geschwindigkeit über die feuchte Kugel streichen läßt. Dies läßt sich erreichen durch Assmanns Aspirationspsychrometer, bei welchem die beiden Thermometer sich in einem dünnwandigen Metallgehäuse befinden; im Kopfe des Gehäuses liegt ein Federkraft-Laufwerk, durch welches ein Exhaustor-Scheibenpaar in schnelle Umdrehung versetzt wird; letzeres unterhält einen Luftstrom, der mit 2,3 m pro Sek. Geschwindigkeit an beiden Thermometergefäßen vorbeistreicht. Berechnung nach besonderen Psychrometertafeln. — Oder man befestigt das feuchte Thermometer an einer 1 m langen Schnur und schwingt es einmal pro Sekunde im Kreise. Mit einem solchen Schleuder-Psychrometer erhält man für hygienische Untersuchungen ausreichend genaue Werte (s. Anhang).

Verteilung der Luftfeuchtigkeit auf der Erdoberfläche.

1. Die Menge der **absoluten** Feuchtigkeit hängt vor allem ab von der Temperatur, sodann von der Möglichkeit reichlicher Wasserverdunstung. Maximal ist sie z. B. im mexikanischen Meerbusen bei windstillem Wetter; das Minimum finden wir in den Polargegenden.

Die Tagesschwankung zeigt nur an klaren Tagen stärkere Schwankungen, das Minimum kurz vor Sonnenaufgang, zwei Maxima 9 Uhr vormittags und 9 Uhr abends. — Die Jahresschwankung verläuft so, daß wir im Januar die geringste, im Juli die höchste absolute Feuchtigkeit haben (s. Tab.)

2. Die **relative** Feuchtigkeit zeigt ein Maximum zur Zeit des Sonnenaufgangs, das Minimum zwischen 2 und 4 Uhr (50—90 Prozent). Die Jahresschwankung zeigt nur geringe Differenzen; in unserem Klima haben wir im Winter die höchste relative Feuchtigkeit von 75—85 Prozent; in den Sommermonaten das Minimum mit 65—75 Prozent Feuchtigkeit.

Die örtliche Verteilung weist ebenfalls nur geringe Differenzen auf. Über den Kontinenten finden wir im allgemeinen ein Jahresmittel von 70—80 Prozent relativer Feuchtigkeit, an den Meeresküsten 80—90 Prozent. — An der bekanntlich sehr trockenen Ostküste von Nordamerika beträgt die mittlere relative Feuchtigkeit noch nahezu 70 Prozent. Sehr

niedrige Zahlen, 15—30 Prozent, werden beobachtet in Ägypten, während der Chamsin weht; ferner an der Riviera in den Wintermonaten, wenn der föhnartige, vom kälteren Hinterland aus die ligurischen Alpen übersteigende und beim Absinken sich stark erwärmende Nordwind herrscht.

3. Das **Sättigungsdefizit** zeigt eine täglicheh Periode, welche derjenigen der relativen Feuchtigkeit ähnlich ist, aber größere Exkursionen macht. Die Jahresschwankung läßt ungeheuere Differenzen hervortreten (s. Tabelle); im Juni und Juli ist es um 500—700 Prozent größer, als im Dezember und Januar. — Auch örtlich treten sehr starke Differenzen hervor; Darmstadt z. B. zeigt ein fast doppelt so großes mittleres Sättigungsdefizit als Borkum.

Hygienische Bedeutung der Luftfeuchtigkeit.

Es liegt der Gedanke nahe, daß eine direkte Wirkung der Luftfeuchtigkeit auf den menschlichen Organismus dadurch zustande kommt, daß die Wasserdampfabgabe und durch Vermittlung dieser auch die Wärmeabgabe vom Körper quantitativ abhängig ist vom Verhalten der Luftfeuchtigkeit.

Das vom Organismus abgegebene Wasser verläßt den Körper ungefähr zu gleichen Teilen in Form von Dampf und in flüssiger Form im Schweiß, Harn und Kot. Ist die Verdampfung behindert, so steigert sich die Menge des im Schweiß und Harn ausgeschiedenen Wassers; ist die Verdampfung reichlich, so werden jene Sekrete spärlicher (Schonung der Nieren in trockenen tropischen Klimaten).

Ist der Ersatz des durch die Haut, den Harn oder den Darm ausgeschiedenen Wassers unzureichend, so tritt zunächst ein Gefühl der Trockenheit an der Zungenwurzel und am Gaumen auf; durch diese „Durstempfindung“ erfolgt vorzugsweise die Regulierung der Wasserzufuhr. Dieselbe Trockenheitsempfindung kann aber auch durch örtliche Eintrocknung hervorgerufen werden.

Die Wasserdampfabgabe vollzieht sich teils von den Atmungsorganen, teils von der Haut aus. Von den 1300 g (im Mittel) in Dampfform ausgeschiedenen Wassers entfallen etwa 400 g (in warmen Klimaten weniger) auf die Lunge, der Rest auf die Haut.

Früher nahm man an, daß die Wasserdampfabgabe von der Haut sich nicht anders verhalte wie die von einer toten feuchten Fläche, deren Wasserabgabe vom Sättigungsdefizit, vom Barometerstand und von der Luftbewegung abhängt.

Ein abweichendes Verhalten wurde nur für die Atmungsluft berechnet. Nimmt man an, daß diese im Mittel mit einer Temperatur von 36—37° und gesättigt mit Wasserdampf ausgeatmet wird, einerlei, welche Temperatur und Feuchtigkeit die Außenluft hat, so enthält die Ausatmungsluft stets zirka 41 g Wasserdampf pro 1 Kubikmeter, und die Menge des in den Lungen verdampften und der **Einatmungsluft zugefügten** Wassers ergibt sich, wenn die absolute Feuchtigkeit der Einatmungsluft von jenen 41 g subtrahiert wird. Die Wasser-

dampfabgabe durch die Atmung würde daher nach der absoluten Feuchtigkeit der Luft bemessen sein.

Experimente von Rubner zeigen aber, daß wir uns die Wasserdampfabgabe von den Flächen des lebenden Körpers nicht als einen passiven Vorgang vorstellen dürfen ähnlich der Verdunstung von totem Substrat, sondern der Körper ist dabei ganz wesentlich aktiv beteiligt. Auch die Abhängigkeit der Wasserabgabe seitens der Lungen von der absoluten Feuchtigkeit ist nicht als genau zutreffend anzusehen; die ganze mit der verdunstenden Oberfläche in Berührung kommende Atmungsluft wird nicht immer gleichmäßig erwärmt und mit Wasserdampf gesättigt, und außerdem muß die bei verschiedenen Körperzuständen sehr erheblich schwankende Menge der Atmungsluft die Größe der Wasserabgabe beeinflussen.

Aus den physiologischen Versuchen ergibt sich bezüglich der Einwirkung der äußeren Verhältnisse, daß die Gesamtwasserdampfabgabe cet. par. und namentlich bei gleichbleibender Temperatur von dem Wassergehalt der Luft abhängig ist. Bei gleicher Luftfeuchtigkeit ist dagegen die Wasserdampfabgabe vor allem von der Temperatur abhängig. Von 15° abwärts steigt sie, aber nur infolge der Zunahme der Lungenausscheidung. Mit höherer Temperatur steigt die Wasserabscheidung durch die Haut, und zwar von etwa 25° in steilerer Kurve. — Wind setzt die Wasserdampfabgabe von der Haut bei 20 bis 35° erheblich herab, weil er eine kräftige Entwärmung durch Leitung bewirkt, die eine Mitwirkung der Wasserverdunstung bei der Wärmeregulation entbehrlich macht; erst bei sehr hoher Temperatur wird diese gesteigert (Wolpert). Der Luftdruck hat wenig Einfluß.

Neben den äußeren Verhältnissen ist von großer Bedeutung der jeweilige Zustand des Organismus; und zwar haben den stärksten Einfluß Muskelarbeit und Ernährung. Durch Muskelarbeit kann die Wasserdampfabgabe auf das Mehrfache gesteigert werden. Die Ernährung zeigt ihren Einfluß namentlich bei höherer Temperatur. Bis + 15° hat die relative Feuchtigkeit den wesentlichsten Einfluß, gleichgültig, welcher Art die Ernährung ist. Von 25° aufwärts zeigt sich eine unbedingte Steigerung der Wasserdampfabgabe mit der Temperatur, selbst beim hungernden und wenig genährten Organismus. Für die zwischenliegenden Wärmegrade, die uns gewöhnlich umgeben, gilt aber das Gesetz, daß bei stärkerer Ernährung resp. überschüssiger Nahrung eine Steigerung der Wasserdampfabgabe mit der Temperatur schon von 15° ab beginnt und so bedeutend wird, daß die Temperatur das bestimmende Moment für die Wasserdampfabgabe ausmacht. Die Haut kommt dann früher in den sog. „aktiven“ Zustand (s. unter „Wärmeregulierung“, S. 43).

Eine unter allen Umständen normale relative Feuchtigkeit kann infolge dieser verschiedenartigen mitwirkenden Faktoren nicht

angegeben werden. Indessen ist eine Steigerung der Wasserdampfabgabe vom Körper zweifellos von viel geringerer hygienischer Bedeutung als eine Hemmung. Erstere führt höchstens zu vermehrtem Durstgefühl; bei extremen Graden zum Trocken- und Rissigwerden der Haut und der exponierten Schleimhäute. Eine Hemmung der Wasserdampfabgabe ist dagegen mit einer Wärmestauung verbunden, die bei höheren Temperaturgraden geradezu gefährlich werden kann. Außerdem erzeugen hohe Sättigungsprozente ein spezifisches Gefühl der Beklemmung und Beängstigung; 70—80 Prozent Feuchtigkeit werden schon bei 24° sehr schlecht ertragen, vollends bei Muskelarbeit und reichlicher Nahrung. — Bei 10—20°, Ruhe, gemischter Kost, fehlender Luftbewegung scheinen 40—50 Prozent Feuchtigkeit am günstigsten zu sein; bei höheren Temperaturen 30—40 Prozent. — Nur bei niederen Temperaturen unter 15° bewirkt feuchte Luft eine Vermehrung der Wärmeabgabe durch Strahlung und Leitung im Vergleich zu kalter trockener Luft; erstere macht daher bei gleichem Temperaturgrad einen viel kälteren Eindruck. Eine Zunahme der Luftfeuchtigkeit um 12½ Prozent erzeugt eine ähnliche Vermehrung des Wärmeverlustes durch Leitung, wie eine Verminderung der Temperatur um 1° (Rubner). — Extrem niedrige Feuchtigkeitsprozente sind bei niederer Temperatur ohne erhebliche Wirkung. Bei höheren Wärmegraden sind sie willkommen zur Erleichterung der Wärmeabgabe; störende Erscheinungen kommen nur vor, wenn sehr hohe tropische Temperaturen und namentlich heftige Winde und starker Staubgehalt der Luft gemeinsam zur Wirkung gelangen.

Abgesehen von der geschilderten Beeinflussung der Wasserdampfabgabe und Wärmeabgabe des Körpers zeigt die Luftfeuchtigkeit noch eine Reihe von ausgesprochenen hygienischen Beziehungen zu unserer alltäglichen Umgebung. Wenn wir im gewöhnlichen Leben von trockener oder feuchter Luft sprechen, so bezeichnen wir damit eigentlich die in unserer Umgebung das Wasser zum Verdunsten bringende Kraft der Luft. Durch eine trockene Luft wird die Feuchtigkeit unserer Kleidung, die Feuchtigkeit der Bodenoberfläche rasch verdunstet, es bildet sich Staub; Holz, Nahrungsmittel, die Vegetation vertrocknen. Größere Trockenheit führt außerdem zur Bildung und Verbreitung von Luftstaub und beeinflußt die Lebensfähigkeit, die Vermehrung und Verbreitung der Mikroorganismen, die Wasserverhältnisse des Bodens u. a. m. Bei trockener Luft werden viele Arten von Bakterien getötet; dafür werden aber die resistenteren mit dem Staub in die Luft übergeführt und durch Winde verbreitet. Auch die Flöhe, die an der Übertragung der Pest stark beteiligt sind, werden bei großer Trockenheit vernichtet, so daß in tropischen Gegenden in der trockenen Jahreszeit die

Pestepidemien aufhören. Wird die Bodenoberfläche trocken, so sinkt das Grundwasser und es können Brunnen versiegen. Ebenso ist die Bewohnbarkeit von Neubauten, die Konservierbarkeit mancher Nahrungsmittel usw. wesentlich von der Luftfeuchtigkeit abhängig.

Den Maßstab für die bei allen diesen Wirkungen in Betracht kommende verdunstende Kraft der Luft gibt aber weder die absolute noch die relative Feuchtigkeit. Letztere zeigt viel zu geringe Schwankungen, um die enormen Unterschiede, die wir in bezug auf die austrocknende Wirkung der Luft an der Vegetation, an der Staubbildung, am Wäschetrocknen, an der Brotaufbewahrung usw. beobachten, zu erklären. Vielmehr gibt für diese Luftbeschaffenheit erst das Sättigungsdefizit den richtigen Ausdruck. Die Intensität der Wasserverdunstung ist von dem Sättigungsdefizit, von der Luftbewegung und dem Luftdruck abhängig; sind letztere beide gleich, so ist die Verdunstung der Größe des Sättigungsdefizits proportional.

Die zeitliche und örtliche Verteilung des Sättigungsdefizits harmoniert in der Tat mit allen unseren Erfahrungen über die Verschiedenheiten in der austrocknenden Wirkung der Jahreszeiten und Klimate, während diese Verschiedenheiten aus der relativen Feuchtigkeit keineswegs erklärlich werden. Der Unterschied beider Ausdrücke liegt darin, daß bei gleicher relativer Feuchtigkeit, aber wechselnder Temperatur, das Sättigungsdefizit außerordentlich verschieden ausfällt, und daß im Sättigungsdefizit der Einfluß der Temperatur gleichsam mitenthalten ist. Bei $+5^{0}$ repräsentiert eine relative Feuchtigkeit von 70 Prozent eine gar nicht austrocknende Luft von 2 mm Sätt.-Def., bei 35^{0} dagegen ergeben 70 Prozent relative Feuchtigkeit eine sehr stark trocknende Luft von 12 mm Sätt.-Def.

D. Die Wärme.

Methode der Beobachtung. Gewöhnlich benutzt man empfindliche Quecksilberthermometer mit kleinen Gefäßen, welche in gewissen Zwischenräumen geeicht werden müssen; zuweilen Metallthermometer; für große Kältegrade Weingeistthermometer.

Speziell für meteorologische Beobachtungen werden vielfach Maximal- und Minimalthermometer gebraucht. Die jetzt gebräuchlichste Konstruktion ist das U-förmige Thermometer von Six und Casella, ein Weingeistthermometer mit Einschaltung eines Quecksilberfadens, der an jedem Ende einen Index vorschiebt, so daß Maximum und Minimum beobachtet werden können.

Die Aufstellung des Thermometers muß, wenn nur die Lufttemperatur gemessen werden soll, in solcher Weise erfolgen, daß es gegen die Strahlung vom Boden und von erwärmten Hauswänden, ebenso auch gegen Regen usw. geschützt ist. Daher soll das Thermometer an der Nordwand des Hauses, mindestens vier Meter über dem Boden und in einem Gehäuse angebracht werden, welches keine

Bestrahlung, sondern nur eine Einwirkung der zutretenden Luft auf das Thermometer gestattet. — Auch im Zimmer zeigt das an einer Wand anliegende Thermometer nur die Temperatur dieser Wand, die oft von der Temperatur anderer Wände und der Luft erheblich abweicht.

In einfacher und hinreichend genauer Weise läßt sich die wirkliche Lufttemperatur bestimmen durch das „Schleuderthermometer" d. h. durch ein gewöhnliches Thermometer, welches an einer 1 Meter langen Schnur einige Male im Kreise geschwungen wird. — Für meteorologische Stationen empfiehlt sich die Anwendung des Assmannschen Aspirationsthermometers, das in dem S. 34 beschriebenen Aspirationspsychrometer mit enthalten ist.

Über die Messung und Bedeutung der Sonnenstrahlung s. unten.

Die Thermometerbeobachtungen zu meteorologischen Zwecken erfolgen am vollkommensten durch selbstregistrierende Metallthermometer, welche den Gang der Temperatur aufzeichnen. Auch stündliche Ablesungen ergeben fast ebenso brauchbare Resultate, werden indes nur an wenigen Stationen ausgeführt. Addiert man die Stundenbeobachtungen eines Tages und dividiert durch 24, so erhält man das Tagesmittel der Temperatur. Die Tagesmittel addiert und durch die Zahl der Tage des Monats bzw. Jahres dividiert ergeben das Monatsmittel bzw. Jahresmittel.

Örtliche und zeitliche Schwankungen der Temperatur.

Die auf die Erde gelangende Wärme rührt ausschließlich her von der Sonnenstrahlung. Die Atmosphäre absorbiert je nach ihrer Dicke einen großen Teil der Wärmestrahlen; bei 10° Sonnenhöhe wird nur etwa der vierte Teil der Wärme durchgelassen wie bei größter Sonnenhöhe; an hochgelegenen Orten ist die Atmosphärenschicht niedriger und die Strahlung um so kräftiger. Ferner ist diese in sehr hohem Grade von der Trübung der Atmosphäre durch Wasserdunst, Wolken, Staub usw. abhängig. — Für die Intensität der Wirkung kommt daneben die Dauer der Strahlung (Tageslänge, Sonnenscheindauer) und der Winkel in Betracht, in welchem die Sonnenstrahlen auffallen. Für die Erwärmung des Bodens sind die senkrechten Strahlen, für Hauswände, aufrechte Menschen usw. die horizontalen cet. par. von größter Wirkung. — Der Erwärmung durch Strahlung wirkt entgegen die Abkühlung durch Ausstrahlung gegen den Weltenraum, die bei klarer trockener Luft und dünner Atmosphärenschicht (Hochgebirge) am größten ausfällt.

Zur Charakterisierung der Wärmeverhältnisse im Freien wird meist nur die Lufttemperatur herangezogen, und zwar wird ermittelt:

1. Die mittlere Jahrestemperatur, die außer vom Breitengrad hauptsächlich noch von der Höhenlage beeinflußt wird; im Mittel nimmt die Temperatur für je 100 m Steigung um 0,57° (in größerer Höhe langsamer) ab.

	Geograph. Breite	Höhe über dem Meeresniveau in Met.	Mittlere Jahrestemperatur	Mittlere Extreme Max.	Mittlere Extreme Min.	Absolute Extreme Max.	Absolute Extreme Min	Mittlere Tagesschwankung	Mittlere Temperatur des wärmsten Monats	Mittlere Temperatur des kältesten Monats	Mittlere Jahresschwankung	Veränderlichkeit von Tag zu Tag
Chartum	15°36′	388	28,6	46,6	10,0	—	—	—	34,5	22,7	11,8	—
Sansibar	6°10′ S.	—	26,7	31,7	21,7	32,6	20,4	4,1	28,1	25,2	2,4	—
Kalkutta	22°32′	6	24,8	38,6	12,1	41,1	9,3	7,1	28,4	18,1	10,3	—
Darjeeling	27° 3′	2107	12,3	25,8	— 1,6	—	—	—	16,7	4,9	11,8	—
Veracruz	19°12′	—	25,4	37,0	—13,3	—	—	—	27,7	22,1	5,6	—
Mexiko	19°26′	2266	16,4	29,4	— 1,1	—	—	—	19,6	12,5	7,1	—
Madrid	40°25′	655	13,5	49,5	— 6,9	—	—	13,2	24,5	4,9	16,6	1,0
Rom	41°54′	50	15,3	35,0	— 3,5	—	— 6,0	8,0	24,8	6,7	18,1	1,5
Paris	48°50′	34	10,3	33,5	— 9,8	—	—23,9	—	18,3	2,0	16,3	—
Köln	50°55′	60	10,1	32,2	—11,8	35,1	—22,5	—	18,7	1,6	17,1	—
München	48° 9′	528	7,5	30,4	—18,5	37,9	—30,1	7,3	17,3	— 3,0	30,3	—
Berlin	52°30′	48	9,0	33,0	—15,4	37,0	—23,0	—	18,8	— 0,8	19,0	1,6
Wien	48°12′	197	9,7	33,5	—14,5	38,0	—25,5	8,0	20,5	— 1,7	22,2	1,9
Dublin	53°22′	58	9,5	24,7	— 5,1	—	—	—	15,4	4,7	11,3	—
London	51°33′	37	10,3	31,3	— 8,1	—	—15,6	—	17,9	3,5	14,4	1,8
Hammerfest	70°42′	10	1,9	24,0	—14,2	30,1	—20,0	—	11,8	— 5,2	17,0	—
St. Petersburg	59°56′	10	3,6	29,3	—28,5	—	—39,0	4,7	17,7	— 9,4	27,1	2,2
Moskau	55°46′	160	3,9	31,4	—30,5	—	—42,5	—	18,9	—11,1	30,0	2,6
Astrachan	46°21′	—20	9,4	36,3	—26,0	—	—31,9	—	25,5	— 7,1	32,6	—
Irkutsk	62° 1′	160	—11,2	33,0	—54,8	—	—62,0	9,0	18,8	—42,8	61,6	3,2
Washington	38°53′	27	12,0	34,9	—15,8	—	—	—	24,4	0,2	24,2	1,5
Reykiavik	64° 8′	—	3,3	—	—	—	—	—	12,1	— 2,5	14,6	—
Spitzbergen	79°53′	—	— 8,9	12,8	—38,0	—	—	—	4,6	—22,7	27,3	—
N.-W.-Grönland	72°48′	—	—11,1	—	—	—	—	—	4,4	—28,0	32,4	—

2. Die absoluten und mittleren Extreme. Unter absoluten Extremen versteht man die höchste bzw. niedrigste Temperatur, welche während der gesamten Beobachtungsjahre zu verzeichnen war; die mittleren Extreme findet man, indem man die höchsten bzw. niedrigsten Temperaturen der einzelnen Beobachtungsjahre addiert und durch die Zahl der Jahre dividiert.

3. Die mittlere Tagesschwankung, d. h. die mittlere Differenz zwischen der Maximal- und Minimaltemperatur eines Tages. Über dem Meere ist die Tagesschwankung selbst unter dem Äquator, wo die Teilung des Tages in Tag und Nacht am schärfsten hervortritt, sehr gering, inmitten der großen Kontinente selbst polarer Region bedeutend. Außerdem sind die örtlichen Lageverhältnisse, die Neigung zur Bewölkung usw. für die Temperaturschwankung des einzelnen Ortes von Wichtigkeit.

In unseren Breiten begegnet man den höchsten Tagesdifferenzen an heiteren Sommertagen, wo Schwankungen von 15—20° (morgens früh + 13°, nachmittags + 31°) nicht selten sind; ferner zuweilen im Winter und Frühjahr, wenn Windrichtung und Wetter eine plötzliche Änderung erfahren.

4. Die mittlere Jahresschwankung wird gemessen durch die Differenz zwischen den mittleren Temperaturen des heißesten und des kältesten Monats; sie gibt einen Ausdruck für den durchschnittlichen Kontrast der Jahreszeiten. Wie wichtig dieser für die Charakterisierung eines Klimas ist, das geht z. B. aus einem Vergleich zwischen Dublin und Astrachan hervor. Beide Orte zeigen gleiche mittlere Jahreswärme (9,5°); der Unterschied zwischen heißestem und kältestem Monat beträgt aber in Dublin nur 11°, in Astrachan 33°.

5. Die interdiurne Veränderlichkeit, d. h. der unperiodische Temperaturwechsel, der sich von einem Tag zum anderen vollzieht. Bei starkem derartigen Wechsel sprechen wir von „veränderlichem Wetter", und wenn sich derselbe in einem größeren Abschnitt des Jahres wiederholt bemerkbar macht, von „veränderlichem Klima".

Hygienischer Einfluß der beobachteten Temperaturgrade und Temperaturschwankungen.

Direkte Störungen der Gesundheit durch die Temperatureinflüsse der Atmosphäre müssen vorzugsweise die Wärmeregulierung unseres Körpers betreffen, und es ist daher erforderlich, zunächst auf die Art und Weise, wie die Eigenwärme des Körpers unter den verschiedensten äußeren Verhältnissen erhalten wird, etwas näher einzugehen.

Die Wärmeregulierung des Körpers.

Zur Wärmeregulierung dienen teils Schwankungen in der Wärme produktion des Körpers, — der Erwachsene liefert im Mittel täglich 3000 W.E., aber je nach der Energie der Zelltätigkeit, nach der Muskelleistung und nach der Nahrungsaufnahme individuell und beim selben Individuum zeitlich bedeutend variierend —, teils Änderungen der Wärme abgabe. Letztere erfolgt in geringem Maße (50 W.E.) durch Erwärmung der Speisen; etwas mehr (2—400 W.E.) durch die Erwärmung der Atemluft und durch Wasserverdunstung an der Lungenoberfläche; hauptsächlich aber durch Wärmeabgabe von der Haut (2000 W.E. und mehr).

Die letztere überwiegend wichtige Wärmeabfuhr vollzieht sich durch Leitung (bzw. Konvektion), Strahlung und Wasserverdunstung. Diese drei Abfuhrwege funktionieren meistens in der freien Atmosphäre sämtlich kräftig und jeder vermag für sich den ganzen Wärmebetrag abzuführen. Andererseits aber kann es auch im Freien zu einem völligen Abschluß des einen oder des anderen oder sogar aller drei Wege kommen.

Durch Leitung gibt der menschliche Körper Wärme vor allen Dingen an die umgebende Luft ab, um so mehr, je größer die Temperaturdifferenz zwischen Haut und Luft ist, und je rascher die Luft wechselt. Hat die Luft z. B. eine Temperatur von 17°, so läßt sich berechnen, daß 1 cbm Luft bei seiner Erwärmung auf Körpertemperatur höchstens 6 W.E. aufnimmt; in einem geschlossenen Raume wird daher die gesamte Wärmeabgabe durch Leitung unbedeutend sein, insbesondere bei Lufttemperaturen, wo die Temperaturdifferenz zwischen Haut und Luft gering wird. Eine erhebliche Abgabe durch Leitung findet nur statt bei bewegter Luft, und da im Freien gewöhnlich eine Luftbewegung von mindestens ½—2 Meter pro Stunde besteht, so wird dort diese Art der Wärmeabgabe viel mehr leisten können, als im Zimmer. Immerhin ist auch im Freien die Menge der an die Luft abgegebenen Wärme sehr wechselnd; bei kalten heftigen Winden sehr groß, bei warmer ruhiger Luft geringfügig.

Die Wärmeabgabe durch Strahlung ist teils von der Größe und dem Ausstrahlungsvermögen der Körperoberfläche, teils von der Temperaturdifferenz gegenüber den umgebenden Gegenständen und von einigen anderen weniger einflußreichen Faktoren abhängig. Dieser Weg der Wärmeabgabe funktioniert ausgiebig innerhalb geschlossener Räume, wo durch die Ausstrahlung gegen kältere Wände, Fenster u. dgl. unter Umständen die hauptsächlichste Wärmeabgabe des Körpers erfolgen kann. Derselbe Weg gelangt auch im Freien zur Benutzung, wenn z. B. kältere Hauswände, namentlich aber Bäume oder Sträucher, die durch ihre stete reichliche Wasserverdunstung eine relativ niedrige Eigentemperatur haben, in der Umgebung sich finden. Andererseits kann die Wärmeabgabe durch Strahlung minimal werden, wenn z. B. stark erwärmte Felswände, Hausmauern oder andere Menschen die Umgebung des Körpers bilden.

Durch Wasserverdunstung können ebenfalls sehr große Mengen Wärme dem Körper entzogen werden. Bei der Verdunstung von 1 g Wasser werden 0,51 W.E. latent. Da der Mensch für gewöhnlich 900 g, bei stärkerer Körperanstrengung 2000—2600 g Wasser durch Verdunstung von der Haut ver-

lieren kann, so beträgt die Wärmeentziehung auf diesem Wege allein 500 bis 1500 W.E.; jedoch ist das Maß der Wasserverdunstung durchaus abhängig teils von gewissen im Körper gelegenen Momenten, teils von der Lufttemperatur, dem bereits vorhandenen Sättigungsgrad der Luft mit Feuchtigkeit, der Luftbewegung und dem Luftdruck (s. S. 35).

Um trotz der außerordentlich wechselnden Wärmeproduktion und Wärmeabgabe stets die gleiche Eigentemperatur bewahren zu können, verfügt der Körper über eine automatische Regulierung, die in weiten Grenzen selbst unter den stark wechselnden Witterungs- und Klimaverhältnissen ausreicht.

In kühler Umgebung — unter 20° — erfolgt diese Regulierung wesentlich auf dem Wege einer Steigerung der Wärmeproduktion, während die Wärmeabgabe wenig geändert ist. Durch die niedere Temperatur regen die kälteempfindlichen Nerven der Haut reflektorisch den Verbrennungsprozeß in den Muskeln an, um so stärker, je mehr die Temperatur unter 20° sinkt, und zwar wird die CO_2-Ausscheidung und die Wärmeproduktion für je 1° Temperaturabnahme um etwa 2 Prozent gesteigert (chemische Wärmeregulation) — Daneben findet eine Anpassung der willkürlichen Muskelbewegungen an die Wärmeverhältnisse statt, und bei stärkerer Kälte tragen unwillkürliche Muskelbewegungen (Zittern, Frostschauer) zu vermehrter Wärmebildung bei. Ferner erfolgt eine instinktive Auswahl der Nahrung nach Menge und Qualität in solcher Weise, daß reichlicher Wärme gebildet wird. Fett wirkt in dieser Beziehung bei Muskelarbeit besonders fördernd, bei ruhendem Körper steigert in erster Linie reichliche Eiweißzufuhr den Umsatz der Zellen.

Die Wärmeabgabe wirkt in kühler Umgebung insofern mit, als durch Reizung der kälteempfindlichen Nerven die Gefäßverengerer der Haut angeregt werden. Die Haut wird blutleer, blaß, trocken und schrumpft, so daß die Wärmeabgabe durch Strahlung, Leitung möglichst absinkt. Eine unwillkürliche Einschränkung der wärmeabgebenden Körperoberfläche kommt hinzu. Aber diese Wirkungen stehen weit hinter denen zurück, die auf Steigerung der Produktion beruhen.

In warmer Umgebung tritt dagegen die physikalische Wärmeregulation in den Vordergrund. Hier kann zwar durch Einschränkung der Bewegungen, Vermeiden überschüssiger, fett- und eiweißreicher Nahrung usw. die Wärmeproduktion etwas eingeschränkt werden; aber der Schwerpunkt der Regulierung liegt auf der Wärmeabgabe und in der Einstellung der Haut auf den aktiven Zustand: sie wird blutreicher, gerötet, glatt und vor allem feucht, so daß stärkere Wärmeabgabe durch Leitung und Strahlung, namentlich aber durch Wasserverdunstung eingreifen kann (s. Fig. 2).

Unter gewissen Verhältnissen, z. B. bei lebhaftem Wind, tritt die physikalische Regulation erst bei erheblich höheren Temperaturen in Aktion; stärkerer Wind versetzt uns gleichsam in ein kühleres Klima als die Lufttemperatur anzeigt, und die chemische Regulation reicht dann bis zu den höheren Temperaturgraden hinauf (vgl. S. 30). Andererseits setzt die physikalische Regulierung schon bei unter 20° liegenden Lufttemperaturen ein, wenn Überernährung und reichliche Muskelaktion statthat (Rubner, Wolpert).

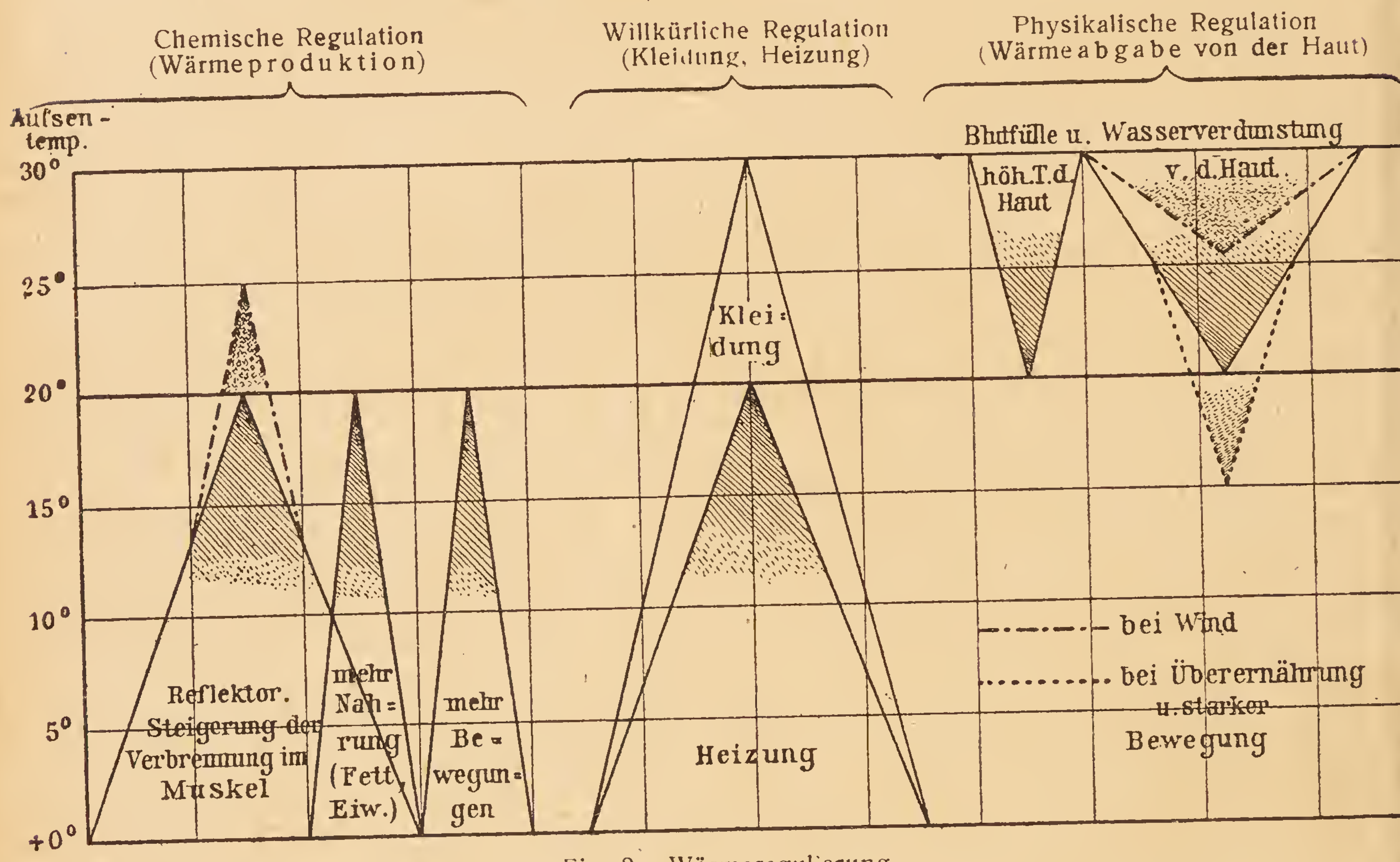


Fig. 2. Wärmeregulierung.

Die Figur gibt eine schematische Darstellung der Wärmeregulierung, jedoch ohne die quantitativen Beziehungen der wirksamen äußeren Einflüsse genau zur Anschauung zu bringen, und ohne Berücksichtigung der sehr erheblichen individuellen Einflüsse (Fettreichtum usw.).

Zu den geschilderten automatischen Reguliervorrichtungen des Körpers kommen dann noch als wichtige willkürliche Hilfsmittel Kleidung und Wohnung hinzu. Durch entsprechende Abwechslung sowohl in Zahl und Dicke der Kleidungshüllen wie in Heizung und Lüftung der Wohnung gelingt es dem Menschen, sich einigermaßen gegen die überaus starken Wärmeschwankungen seiner Umgebung zu schützen.

Das Resultat der gesamten Reguliervorrichtungen ist aber nicht allein das, daß die Bluttemperatur des Körpers dauernd auf 37° gehalten wird, sondern es soll auch unser Temperaturempfinden in der Weise beeinflußt werden, daß wir uns in der jeweiligen thermisch stark wechselnden

äußeren Umgebung behaglich fühlen und weder frieren noch unangenehme Wärme verspüren. Diese Empfindungen sind offenbar abhängig von der Temperatur der Hautoberfläche; und wenn wir letztere (mit Hilfe thermoelektrischer Messung) bestimmen, bekommen wir ein objektives Kriterium dafür, ob eine Umgebung den Zustand des Behagens oder Unbehagens in thermischer Beziehung auszulösen vermag.

Für den nackten Körper hat Kisskalt Behagen bei 31,5 bis 33,5 ° beobachtet. Für den bekleideten Körper gelten etwas andere Werte, die aber zweckmäßig nicht auf der Oberfläche der Kleidung bestimmt werden, weil in dieser selbst zu große Verschiedenheiten liegen (s. Kap. VII), sondern an unbekleideten Stellen, am besten an der Stirnmitte (Reichenbach und Heymann).

Es hat sich gezeigt, daß

bei einer Stirntemperatur	unter 28 ° empfunden wird:	sehr kalt
„ „ „	von 28—29 ° „ „	kalt
„ „ „	„ 29—30 ° „ „	kühl
„ „ „	„ 30—31,5 ° „ „	normal
„ „ „	„ 31,5—32,5 ° „ „	warm
„ „ „	„ 32,5—33,5 ° „ „	sehr warm
„ „ „	„ über 33,5 ° „ „	heiß.

Bei 30—31,5 ° Stirntemperatur des bekleideten ruhenden Körpers befinden sich also die Temperaturnerven im Zustande geringster Reizung. Bei Temperaturanstieg treten die Wärme-, beim Sinken die Kältenerven in Tätigkeit, um so lebhafter, je weiter und schneller sich die Hauttemperatur von jener Indifferenztemperatur entfernt. Für Gesicht und Hände (mit Ausnahme der Spitzenteile, Nasenspitze, Ohrmuschel, Fingerspitzen) beträgt die Steigerung bzw. der Abfall der Hauttemperatur für je 1 ° Lufttemperatur etwa 0,3 °, an den bekleideten Stellen sehr viel weniger, verschieden je nach der Bekleidung. Genauer ergibt sich die Beziehung zwischen Stirn- und Lufttemperatur aus der Formel $St = 25 + 0{,}34 \cdot L$, wo St die Stirn-, L die Lufttemperatur bedeutet (Windstille und 40—50 Prozent Feuchtigkeit vorausgesetzt; auch Differenzen der Ernährung und individuelle Schwankungen sind unter Umständen zu berücksichtigen).

Erhebt sich die Stirntemperatur auf 33 °, so treten bei vielen Menschen bereits Symptome einer Wärmestauung — Kopfschmerz, Flimmern, Schwindel, Übelkeit und Ohnmacht — ein; bei höheren Graden von Wärmestauung kommt es zu den S. 50 geschilderten Erscheinungen des Hitzschlags. Besonders empfindlich sind die meisten Menschen in dieser Beziehung gegen hohen Wasserdampfgehalt der Luft und Fehlen der Luftbewegung, so daß die Wasserverdampfung von der Haut und die damit verbundene kräftige Entwärmung behindert wird.

Bei einer Lufttemperatur von 27° und 55 Prozent tritt ungefähr die gleiche Temperatursteigerung der Haut und dieselbe Wärmestauung ein, wie bei 23° und 75 Prozent Feuchtigkeit. Mit der abnormen Hauttemperatur pflegt auch ein Anstieg der Temperatur und der Feuchtigkeit der die Haut des bekleideten Körpers umspülenden Luftschichten einzutreten; letztere beträgt bei normalen Entwärmungsverhältnissen 35 Prozent, bei drohender Wärmestauung 55 bis 65 Prozent (s. unter „Kleidung"). — Indes scheint bei manchen Menschen eine Gewöhnung der Art möglich zu sein, daß selbst Hauttemperaturen über 35° nicht mehr mit Wärmestauungssymptomen einhergehen.

Sinkt andererseits die Stirntemperatur unter 28°, so tritt Frösteln und Unbehagen ein. Wirken kräftige Kältereize (Wind, kaltes Wasser) vorübergehend ein, so wird die Haut rot, blutreicher und wärmer, und stärkere Kälteempfindung wird verhütet; dagegen kann bei gleichmäßiger und andauernder oder zu heftiger Wärmeentziehung das Kältegefühl sich steigern und es können Erkältungskrankheiten und Erfrierungen entstehen.

Diese durch extreme Wärmeverhältnisse zustande kommenden Gesundheitsstörungen bedürfen noch einer näheren Erörterung.

a) Die Einwirkung hoher Temperaturen.

Die akuten Krankheitserscheinungen, welche durch hochgradige Wärmestauung zustande kommen, bezeichnet man als **Hitzschlag.**.

Im Anfangsstadium erscheint das Gesicht gerötet, die Augen glänzend; es stellt sich Kopfschmerz, ein Gefühl von Beklemmung, Trockenheit im Halse und heisere Stimme ein. Weiterhin wird die Haut trocken und brennend; dazu gesellt sich Flimmern vor den Augen und Ohrensausen; die Herzaktion wird stürmisch; dann tritt ohnmachtähnliche Schwäche, lallende Sprache, oft Zittern der Glieder ein, und schließlich bricht der Kranke bewußtlos zusammen. Oft folgen Krämpfe, in denen der Tod eintreten kann. Bei der Sektion findet sich häufig Lungenödem sowie Hirnödem.

Wir begegnen dem Hitzschlag vorzugsweise in den tropischen und subtropischen Ländern, aber auch in Mitteleuropa in heißen Sommern, z. B. bei militärischen Märschen, bei Feldarbeitern usw.; ferner gelegentlich auch in geschlossenen, mit Menschen dichtgefüllten Räumen (über „infantilen Hitzschlag" s. Kap. VIII).

Die Bedingungen für den Hitzschlag sind im Freien dann gegeben, wenn die Luft warm, ruhig und mit Feuchtigkeit nahezu gesättigt ist; so in den Tropen im Anfange der Regenperiode, in gemäßigterem Klima an Sommertagen vor dem Ausbruch von Gewittern. Besondere Gefahr bieten ferner Örtlichkeiten, an welchen auch eine Abstrahlung unmöglich wird, z. B. erwärmte Felswände und Engpässe oder die Umgebung mit

gleichwarmen Menschen, wie bei militärischen Märschen in geschlossener Kolonne. Disponierend wirken außerdem Muskelbewegungen; je angestrengter die Arbeitsleistung ist, um so größer wird die Gefahr des Hitzschlags. (Über die Steigerung der Gefahr durch starke Sonnenstrahlung s. u.) — Eine sehr vollständige Behinderung der Wärmeabgabe kommt bei Tunnelarbeiten und in tiefen Bergwerken zustande, namentlich bei starker Arbeitsleistung. — Disponierend wirken ferner: reichliche Nahrung, ungenügendes Getränk, ferner Alkoholika und eng anliegende warme Kleidung.

Um dem Hitzschlag vorzubeugen, muß versucht werden, auf irgendeinem Wege eine Wärmeabgabe des Körpers zu erreichen. In den Tropen sind, außer zweckmäßiger Kleidung und Wohnung, Vermeiden von Körperbewegungen, mäßige Nahrung, Bewegung der Luft durch Fächer usw. und häufigere kalte Übergießungen indiziert. Bei den militärischen Märschen ist die Kleidung, Nahrung und Getränkeaufnahme zu regulieren und die Kolonnen sind möglichst weit auseinander zu ziehen, um eine Zirkulation von Luft und so die Möglichkeit einer gewissen Wärmeabgabe für die im Innern der Kolonne marschierenden Mannschaften herzustellen. Bei Tunnelbauten und in Bergwerken ist durch kräftigste Ventilation die Entwärmung zu unterstützen, die Schichten sind event. zu kürzen usw. Therapeutisch ist in Fällen mit Lungenödem Aderlaß angebracht.

Chronische partielle Wärmestauung kann durch länger anhaltende Einwirkung mäßig hoher, durch Feuchtigkeit und Windstille unterstützter Temperaturen zustande kommen. Eine Periode mit Tagesmitteln über 25 ^{0}, wie sie in unseren Breiten fast in jedem Sommer vorkommen, wird bereits von vielen Menschen schlecht ertragen. (S. Kap. Wohnung und Säuglingsfürsorge).

In tropischen Klimaten stellt sich als erste Folge einer andauernden Erschwerung der Wärme- und Wasserdampfabgabe durch warme und feuchte Luft eine Erschlaffung und ein Schwächegefühl des Körpers her, sog. „Tropenanämie", jedoch ohne erhebliche Abweichungen im Blutbefunde. Bei längerer Dauer des Aufenthaltes gesellen sich oft Vergrößerung der Leber und der Milz hinzu, ferner Abnormitäten der Verdauungssäfte.

Einen Schutz gegen diese Gesundheitsstörungen gewährt mäßige, aber ausreichende Nahrungsaufnahme, Einschränkung der Muskelarbeit, leichte Kleidung; ferner ist Lage und Einrichtung des Wohnhauses so zu wählen, daß dasselbe Schutz gegen exzessive Temperaturen gewährt (s. Kap. Wohnung); durch häufige kalte Waschungen, Fächer usw. ist die Wärmeabgabe zu unterstützen.

b) Die Einwirkung niedriger Temperaturen.

Erfrierungen einzelner Körperteile oder des ganzen Körpers kommen nicht zustande, solange die Möglichkeit zu genügender Bekleidung, ausgiebigen Muskelbewegungen und reichlicher Nahrungsaufnahme gegeben ist. Erst wenn einer dieser Faktoren versagt, droht Gefahr für die Gesundheit und das Leben.

Zunächst entsteht dann eine Abkühlung der peripheren Körperteile; bei weiterer Kälteeinwirkung erfolgt Erfrieren dieser Teile und gleichzeitig infolge der ausgedehnten Kontraktion der Hautgefäße Kongestion in Lunge und Gehirn. In späteren Stadien tritt Schwindel, Betäubung ein und schließlich der Tod durch Lähmung der nervösen Zentralorgane.

Am leichtesten kommt eine derartige Kältewirkung zustande bei stark bewegter kalter Luft. Ferner kann bei relativ hoher Luftwärme abnorme Abkühlung des Körpers erfolgen durch intensive Ausstrahlung; bei völlig heiterem Himmel vermögen selbst Tropennächte zum Erfrieren zu führen. In hohem Grade unterstützt wird der schädigende Einfluß der Kälte durch Alkoholgenuß, der zwar Hyperämie der Haut und dadurch zunächst Wärmegefühl, aber dann auch um so vermehrte Wärmeabgabe herbeiführt.

Bei geringerem Grade der Einwirkung entstehen **Erkältungskrankheiten.**

Über das Wesen der Erkältung haben wir noch wenig sichere experimentell begründete Vorstellungen. Wir dürfen annehmen, daß Erkältungen wesentlich durch intensive oder anhaltende Wärmeentziehungen von der Haut zustande kommen, die zu fühlbarer Abkühlung der Hautnerven führen. Eine direkte Schädigung der Schleimhäute des Respirationstraktus durch kalte Luft scheint gar nicht oder selten Ursache von Erkrankungen dieser Organe zu sein, da das Hinaustreten aus dem 20° warmen Zimmer in kalte Winterluft bei genügendem Hautschutz keine Störung zu veranlassen pflegt. Betrachtet man die Wirkung eines Kältereizes auf die Haut, so resultiert zunächst allerdings Zusammenziehung der Blutgefäße und Anämie der Haut, aber dieser Zustand dauert nur sehr kurze Zeit; normalerweise tritt sehr rasch eine Reaktion ein: die Haut rötet sich und wir bekommen Wärmeempfindung, d. h. es haben die vom Kältereiz getroffenen Hautnerven vasomotorische Zentren zur Wiedererweiterung der Hautgefäße angeregt. In dieser Reaktion liegt vermutlich unser normaler Schutz gegen Kältewirkung; ihr ist es zu danken, daß ein eigentliches Kältegefühl in den Hautnerven nicht leicht zustande kommt. In typischer Weise sehen wir einen solchen Reaktionsvorgang verlaufen z. B. bei einer kalten Übergießung des Körpers.

Nun aber können die Hautnerven angeborene mangelhafte Reaktion zeigen oder durch Verweichlichung, d. h. durch Mangel an Übung, erschlaffen; sie dürfen nicht für zu lange Zeit des Kältereizes und der Auslösung der Reaktion entwöhnt werden. Es tritt das besonders hervor bei solchen Körperteilen, welche für gewöhnlich bedeckt und gegen Kältewirkung geschützt gehalten werden. Während Hände und Gesicht sich stets reaktionsfähig zeigen, vermögen die Hautnerven

einer Halspartie, welche durch warme Kleidung vor Kältereizen bewahrt war, keine Reaktion zu zeigen, sobald der Hals ausnahmsweise entblößt und von kalter Luft getroffen wird. Andererseits wird die Reaktion unterstützt durch Übung der Haut, durch systematische Gewöhnung an normale Kältereize, z. B. kalte Abwaschungen. — Ferner kann durch Körper b e w e g u n g einem schädlichen Einfluß der Kältewirkung vorgebeugt werden, weil dann durch die beschleunigte Zirkulation und die Gefäßerregung der Haut mehr Wärme zugeführt und die Kälteempfindung gehindert wird. Bei Körper r u h e dagegen, und besonders im Schlaf, kommt es viel leichter zu einem Versagen der schützenden Reaktion.

Eine schädliche Kältewirkung entsteht leicht durch zu l a n g e a n h a l t e n d e Kältewirkung auf ausgedehntere Hautpartien. — Noch häufiger kommen aber lokale Wärmeentziehungen von kleineren empfindlichen Hautbezirken aus in Betracht. Die vorerwähnten, gewöhnlich geschützten und an Kälte nicht gewöhnten Körpergegenden, ferner die peripher gelegenen Teile und namentlich die Füße, die relativ am schwersten auf normaler Wärme zu erhalten sind, können bei sonst warmem Körper eine fühlbare Abkühlung erfahren.

Eine besondere Gefahr liegt ferner dann vor, wenn v o r h e r durch Aufenthalt bei hoher Temperatur oder durch starke Muskelarbeit H y p e r ä m i e d e r H a u t und Schweißsekretion eingetreten war und nun bei Körperruhe stärkere teilweise Abkühlung eintritt. Unter solchen Verhältnissen pflegt die schützende Reaktion völlig zu versagen; um so leichter, je ausgiebiger der schwitzenden Haut durch Verdunstung Wärme entzogen wird. Ferner löst eine allmähliche, aber anhaltende lokale Wärmeentziehung, wie sie z. B. durch f e u c h t e K l e i d u n g und Schuhwerk zustande kommt, bei vielen Menschen Kältegefühl aus. Manche zeigen endlich eine besondere Empfindlichkeit gegen g l e i c h m ä ß i g b e w e g t e und auf beschränkte Stellen des Körpers auftreffende kältere Luftströme und die dadurch erfolgende Wärmeentziehung („Z u g l u f t“). Zuweilen können Neuralgien innerhalb weniger Stunden nach vorübergehender Einwirkung solcher Zugluft sich einstellen.

Sobald die Kältereize ein Erkalten der Nervenenden der Haut herbeigeführt haben, resultieren von diesen aus reflektorisch Störungen in den vasomotorischen Zentren, und dadurch Hyperämien der Schleimhäute, der Nieren, der Muskeln usw. Außerdem ist experimentell festgestellt, daß durch abnorme Abkühlung der tierische Körper eine Schädigung seiner Schutzeinrichtungen gegen lebende Krankheitserreger erfährt. Die Leukocytenzahl wird um 50 bis 75 Prozent herabgesetzt; erst später tritt Hyperleukocytose ein; die Beweglichkeit und Freßfähigkeit der Leukocyten wird stark verringert; die Bakteriolysine, die Opsonine und besonders der Komplementgehalt des Blutes werden herabgesetzt. Da an den entstehenden „katarrhalischen“ Krankheitsprozessen in hervorragender Weise Mikroorganismen sich beteiligen, welche in den normalen Sekreten vorhanden und nur gegenüber der völlig intakten Schleimhaut ohne Gefahr sind, sind diese Veränderungen für Ausbreitung und Verlauf des Krankheitsprozesses von größter Bedeutung.

Diejenigen W i t t e r u n g s verhältnisse, welche am leichtesten zu Erkältungskrankheiten Anlaß geben, sind: 1. heftige, kühle Winde; 2. p l ö t z l i c h e Temperatur s c h w a n k u n g e n, die so rasch zu-

stande kommen, daß eine entsprechende Regulierung der künstlichen Einrichtungen zur Erhaltung der Eigenwärme, Kleidung, Heizung usw., auf Schwierigkeiten stößt. 3. Niederschläge, welche zu Bodennässe und zur Durchnässung des Schuhzeugs oder zur Durchfeuchtung der Kleidung und damit zu abnormer Wärmeentziehung führen.

Klimate, welche diese Witterungsverhältnisse und namentlich plötzliche Schwankungen häufiger darbieten, sind als disponierend für Erkältungskrankheiten anzusehen.

E. Niederschläge.

Die Messung erfolgt durch ein Auffanggefäß von 500 qcm Fläche; 5 ccm entsprechen 0,1 mm Regenhöhe. Instruktiver sind Apparate, die graphisch (durch einen Schwimmer, der auf rotierender Trommel zeichnet) auch die Verteilung der Regenhöhen auf die Zeit anzeigen.

Die größten Regenmengen fallen innerhalb der tropischen Zone. Dort führt der aufsteigende warme Luftstrom enorme Mengen Wasserdampf in die höheren kälteren Luftschichten und veranlaßt massenhafte Kondensation. — Ferner sind Gebirge, ausgedehnte Waldungen und andere lokale Momente von bedeutendem Einfluß (s. Tab.).

Regenhöhen in cm:

Ort	cm	Ort	cm
Cherrapoonje (Ostind.)	1210	Hamburg	72
Bombay	188	Sylt	67
Chile	164	Berlin	59
Brocken	124	Breslau	52
Nordalpen	121	Würzburg	40

Außer der Regenmenge wird die Zahl der Regen- und Schneetage und die Verteilung derselben auf die Jahreszeit registriert.

Hygienische Bedeutung der Niederschläge. Ein direkter Einfluß liegt insofern vor, als durch die Niederschläge eine Durchfeuchtung der Kleidung, insbesondere des Schuhzeuges, bewirkt werden kann, die zu Erkältungen Anlaß gibt. — Indirekt sind die Niederschläge bedeutungsvoll einmal dadurch, daß sie einen Teilfaktor des Klimas bilden, der für die Vegetation und die Bodenkultur besonders wichtig ist. Zweitens sind stärkere Niederschläge eines der wirksamsten Reinigungsmittel für Luft und Boden, ein Einfluß, der namentlich in tropischen Ländern scharf hervortritt. Andererseits kann es durch Bodenüberschwemmung zu einer bedenklichen Verunreinigung von Wasserversorgungsanlagen kommen. Drittens befördern mäßige

Niederschläge organisches Leben und auch die Vermehrung und Erhaltung von Mikroorganismen. Viertens ist von den Niederschlägen der Feuchtigkeitsgehalt der oberen Bodenschichten und der Stand des Grundwassers abhängig.

Allerdings kommt, genau genommen, nur ein gewisser Teil der Niederschläge für die Durchfeuchtung des Bodens und die Speisung des Grundwassers in Betracht; nämlich diejenige Wassermenge, welche nicht oberflächlich abfließt und auch nicht kurze Zeit nach dem Eindringen in den Boden wieder verdunstet. Wie groß dieser Anteil ausfällt, das hängt teils von lokalen Einflüssen, teils von der zeitlich schwankenden — plötzlichen oder allmählichen — Art des Regenfalls ab.

F. Sonnenstrahlung (Wärme-, Licht- und chemisch wirksame Strahlen).

Zu unterscheiden sind 1. die langwelligen, roten Wärmestrahlen; 2. die gelben Helligkeitsstrahlen; 3. die kurzwelligen blauvioletten (photochemischen) und ultravioletten Strahlen. Erst neuerdings ist es gelungen, diese ganz verschieden wirksamen Strahlenanteile genauer zu unterscheiden und getrennt zu messen (Dorno in Davos).

1. Die Wärmestrahlen.

Die Messung kann nicht mit gewöhnlichen Thermometern erfolgen, da die Strahlen an der Thermometerkugel fast vollständig reflektiert werden. Die früher viel benutzten Vakuumthermometer, deren Kugel geschwärzt und in eine luftleere Hülle eingeschlossen ist, haben sich als ungenau herausgestellt. — Brauchbar sind das Pyrheliometer von Angström und Michelsons Aktinometer. — Ferner wird die Sonnenscheindauer bestimmt mit dem Campbellschen Autographen; unter einer als Brennlinse wirkenden Glaskugel liegt ein Papierstreifen, auf dem die Tagesstunden markiert sind; die Sonne erzeugt eine beim Dazwischentreten von Wolken unterbrochene Brandlinie, deren addierte Strecken der Sonnenscheindauer entsprechen.

Vergleichende Messungen zwischen Davos und Potsdam haben ergeben, daß im Sommer die Unterschiede gering sind, im Winter dagegen in Davos die 3fache Menge Wärmestrahlen gemessen wird.

Die Wärmestrahlen haben durch die Erwärmung des menschlichen Körpers, des Bodens, der Hauswände wohltuende Effekte. Aber auch die Insolation der Hauswände kann zu hochgradig werden (s. Kap. VII); und die zu intensive Bestrahlung des Körpers kann den Sonnenstich hervorrufen, der entweder die von anderen Faktoren abhängige Wärmestauung unterstützt oder isolierte Schädigung auslöst, namentlich wenn der Schädel direkt von den Sonnenstrahlen getroffen wird. In letzterem

Falle können die Strahlen durch die diathermane Schädeldecke bis zur Hirnrinde vordringen und lokale Überhitzung des Gehirns mit meningitischen Erscheinungen hervorrufen (Schmidt). Bei senkrecht auffallenden Strahlen, klarem Himmel und möglichst dünner Atmosphärenschicht (Berge) droht diese Gefahr am meisten. Durch weiße Bekleidung und namentlich locker sitzende, mit Luftöffnungen versehene und den Nacken schützende weiße Kopfbedeckungen ist ihr vorzubeugen.

2. Die Helligkeitsstrahlen.

Messung durch Webers Photometer (s. Kap. VII). — Vergleichende Messungen der Mittagshelligkeit liegen vor für Davos und Kiel. Im Winter wurde die Helligkeit an ersterem Orte 6mal, im Sommer 1,8mal größer gefunden.

Störende Einflüsse auf das Sehorgan durch Lichtmangel kommen vorzugsweise innerhalb der Wohnungen zustande; hier ist daher eine genauere Messung der Helligkeit oft erforderlich.

Über den allgemeinen Einfluß des Lichts auf belebte Wesen ist durch Experimente an Tieren festgestellt, daß diese im Licht größere Mengen Kohlensäure ausscheiden als im Dunkel; und zwar ist der Grund dafür nicht etwa nur in einer Erregung der Retina zu suchen, sondern auch geblendete Tiere reagieren in derselben Weise. Es wird daher dem Licht eine Reizwirkung auf das Protoplasma zugeschrieben, welche den Zerfall der organischen Stoffe in der Zelle erhöht. Trotzdem gedeihen kleinere und größere Tiere auch in dunklen Behausungen, und ein Weniger von Licht läßt oft deutliche Nachteile nicht erkennen (Stalltiere, Pferde der Kohlengruben usw.). — Durch Beobachtungen an Menschen, die dem Licht wenig ausgesetzt sind (Grubenarbeiter, Kellerbewohner, die Bewohner englischer Städte während der nebligen Wintermonate) konnten bestimmte körperliche Störungen infolge Lichtmangels beim Fehlen anderer Schädlichkeiten bisher nicht mit Sicherheit nachgewiesen werden.

Zweifellos sprechen aber viele Erfahrungen von Ärzten und Laien dafür, daß eine größere oder geringere Lichtfülle erhebliche nervöse oder psychische Einflüsse äußern kann, und daß für unsere Stimmung, unser Behagen und unser subjektives Wohlbefinden die Belichtung von größter Bedeutung ist. Dabei sind aber nicht nur die Helligkeitsstrahlen, sondern auch die übrigen Strahlungsanteile zweifellos stark beteiligt.

3. Die kurzwelligen Strahlen.

Bei der Messung lassen sich trennen:

a) Die blauvioletten (photographischen) Strahlen, die am besten mit Bromsilberpapier nach den Angaben von Weber und König bestimmt werden.

— Der v. Esmarchsche Helligkeitsmesser registriert die gesamte photographische Helligkeit des Himmelsgewölbes durch die Verfärbung von Chlorsilberpapier, das durch einen schmalen Spalt belichtet und auf einem Zylinder angebracht wird, der sich einmal in 24 Stunden dreht und zugleich auf seiner gewundenen Achse absinkt, so daß am nächsten Tage eine tiefer liegende Zeile getroffen wird.

b) Die ultravioletten (elektrisch wirksamen) Strahlen, deren Messung neuerdings mit dem Zinkkugelphotometer von Elster und Geitel gelingt.

Die photographische Strahlung ist in Davos im Winter 3mal größer als in der Ebene; im Sommer ist sie etwa gleich. — Die ultraviolette Strahlung ist im Sommer und Herbst weitaus am höchsten; der Betrag eines Sommertages kann dem eines Wintermonats gleichkommen. Die Höhensonne liefert ferner viel größere Beträge, als die Ebene, weil hier sehr starke Absorption der Strahlung durch die Atmosphäre erfolgt, und weil im Höhenklima auch im Winter lange Besonnung eintritt, während in der Ebene der Sommer durch die Dauer des Sonnenscheins Überschüsse bietet, die nicht ausgenutzt werden können.

Die Wirkung der blau-ultravioletten Strahlen auf den menschlichen bzw. tierischen Körper ist eine mannigfaltige. Eine günstige Wirkung wird darin gefunden, daß z. B. frisches Blut von bestrahlten Kaninchen größere Aktivität auf der photographischen Platte zeigt. Ferner werden Steigerungen der Oxydationen (von Neuberg für Kombinationen von organischen Stoffen und Mineralstoffen bei Gegenwart von Katalysatoren nachgewiesen; von Behring und Meier für die Lockerung der O-Hämoglobin-Verbindung und die Steigerung der Peroxydase-Wirkung), der Muskelleistungen, des Wachstums unter dem Einfluß ultravioletter Strahlen behauptet. Die Vasomotoren der Haut sollen gelähmt, der Blutdruck herabgesetzt, die Atmung vertieft und verlangsamt werden. Auf derartige Momente wird z. B. der zweifellos bedeutende Einfluß der Höhensonne auf tuberkulöse Affektionen der Knochen und Gelenke zurückgeführt (Dr. Rollier in Leysin, Dr. Bernhard in Samaden). Auch mit „künstlicher Höhensonne", Bestrahlung durch die ultravioletten Strahlen einer Quarzlampe (s. Kap. IV) sollen ähnliche Effekte erzielt sein; vielleicht sind aber auch die übrigen Strahlungsanteile in dieser Richtung nicht ohne Wirkung, wenn künstliche Stauung hinzugefügt wird (Bier).

Andererseits ist wohl zu beachten, daß auch schädigende Wirkungen von den ultravioletten Strahlen ausgehen. Vor allem sind die Augen schwerer Schädigung ausgesetzt und müssen durch Rauchglasbrillen geschützt werden. Ferner wird die Haut beeinflußt. Eine normale Haut reagiert nur mit Hyperämie und Entzündung (durch rote oder gelbe Stoffe oder Salben zu verhüten); allmählich bildet sich Pigment,

dem eine schützende Wirkung vor übermäßigem Lichtchemismus zukommt und auch ein Wärmeschutz insofern, als dadurch die tieferen, schwerer abkühlbaren Hautschichten vor zu tiefem Eindringen der Strahlen und zu großer Wärme bewahrt werden. — Bei manchen (hereditär oder durch Gifte usw.) geschädigten Individuen kann aber schon im Kindesalter nach Besonnung Xeroderma pigmentosum auftreten, rote und braune Flecken, auf denen warzenartige Gebilde und schließlich Epithelkarzinom sich ausbildet. — Bekannt ist ferner, daß bei Variola und Vaccine durch rote Binden, rote Fenster, welche die ultravioletten Strahlen absorbieren, der Heilungsprozeß begünstigt wird. Eine merkwürdige Sensibilisierung erfolgt durch fluoreszierende Farbstoffe im bestrahlten Körper (Buchweizenexanthem der Schafe im Frühjahr; Haarausfall bei bestrahlten Meerschweinchen nach Fütterung mit gelbem Mais, vielleicht auch Pellagra nach Ernährung mit Mais), wobei allerdings auch rote, tiefdringende Strahlen biologisch wirksam werden können. — Bei Patienten mit chronischer Malaria werden durch die Sonnenstrahlung im Frühjahr und ebenso durch künstliche Bestrahlung Rezidive der Krankheit ausgelöst.

Eine indirekte hygienische Beziehung äußern die ultravioletten Strahlen, unterstützt auch von anderen Strahlengattungen, dadurch, daß sie eine mächtige Wirkung auf das Leben der Mikroorganismen ausüben. Durch Sonnenlicht gehen manche Krankheitserreger binnen 3 Stunden, durch diffuses Tageslicht binnen 3—4 Tagen zugrunde. — In der Praxis darf indessen nicht viel von dieser Wirkung des Lichts erwartet werden, weil nur die offen zutage liegenden Krankheitserreger davon betroffen werden und genug unbelichtete Infektionsquellen in jedem Krankenzimmer vorhanden sind. Für Desinfektionszwecke ist das Licht daher kaum verwendbar (s. Kap. IX).

G. Luftelektrizität.

Beobachtet wird im Freien: 1. die elektrische Spannung (das Potentialgefälle).

Mit einem auf einem Stabe befindlichen Kollektor (kleine Spiritusflamme), der sich stets auf die in seiner unmittelbaren Umgebung befindliche elektrische Spannung ladet, wird ein Elektroskop verbunden, dessen Gehäuse zur Erde abgeleitet wird. Die Divergenz der Aluminiumblättchen des Elektroskops gibt ein Maß der Spannungsdifferenz der Elektrizität der Luft und derjenigen des Erdbodens.

Bei heiterem Wetter ist die Luft stets positiv elektrisch gegen die Erde. Ist die Luft bei heftigem Wind mit Staubteilen erfüllt, ferner bei

Regen, Hagel, oder wenn stark negativ geladene Wolken auftreten, ergibt sich negatives Potentialgefälle. Bei Gewitter kommt es zu starken positiven Ladungen und bedeutenden Schwankungen des Gefälles.

2. Die Elektrizitätszerstreuung (Ionisation der Luft), gemessen durch ein Elektroskop, mit dem ein mit positiver bzw. negativer Elektrizität geladener Zerstreuungskörper verbunden wird. Die Luft zeigt ein wechselndes Leitvermögen infolge ihres Gehaltes an positiven und negativen Ionen, abhängig teils von der Radioaktivität (die z. B. bei vielen Bodenartien den Bodengasen eigentümlich und daher in Kellerräumen stark gesteigert ist); teils von der Einwirkung ultravioletter Strahlen. Meist sind positive und negative Ionen im Gleichgewicht; zuweilen, namentlich auf Berggipfeln, stellt sich unipolare Leitfähigkeit her, kenntlich an der schnelleren Entladung eines negativ geladenen Zerstreuungskörpers.

Beziehungen zwischen dem elektrischen Verhalten der Luft und dem körperlichen Wohlbefinden sind vermutlich — wenn auch vielleicht individuell verschieden — vorhanden. Es fehlt aber noch an Beobachtungsreihen, welche Gesetzmäßigkeiten abzuleiten gestatten; namentlich auch an Untersuchungen über das Verhalten der Leitfähigkeit innerhalb der Wohnräume, das anscheinend durch die radioaktive Bodenluft stark beeinflußt wird.

H. Allgemeiner Charakter von Witterung und Klima.

1. Die Witterung.

Die Witterungsverhältnisse, wie sie sich aus den meteorologischen Beobachtungen ergeben, pflegen seit lange regelmäßig mit den für die gleiche Zeitperiode erhaltenen Morbiditäts- und Mortalitätsziffern zum Zweck der Auffindung ätiologischer Beziehungen verglichen zu werden.

Sowohl die Charakteristik der Witterung, wie wir sie bis jetzt aufzustellen pflegen, wie auch die übliche Mortalitätsstatistik, die immer nur den Tod durch die oft viel früher und unter ganz anderen Verhältnissen entstandene Krankheit anzeigt, ist indessen für diesen Zweck wenig brauchbar.

Die meteorologischen Daten berücksichtigen zu sehr die Mittelwerte; sie lassen die Intensität der Schwankungen und das gleichzeitige Zusammenwirken verschiedener Faktoren nicht genügend hervortreten; sie geben für besonders wichtige Faktoren, z. B. die Windstärke, völlig ungenaue und unbrauchbare Werte.

Einen besseren Einblick gewährt die Methode der Auszählung der Tage nach verschiedenen Stufen der Temperatur-

schwankung, der Windstärke, des Sättigungsdefizits usw. Entschieden vollkommener ist aber die graphische

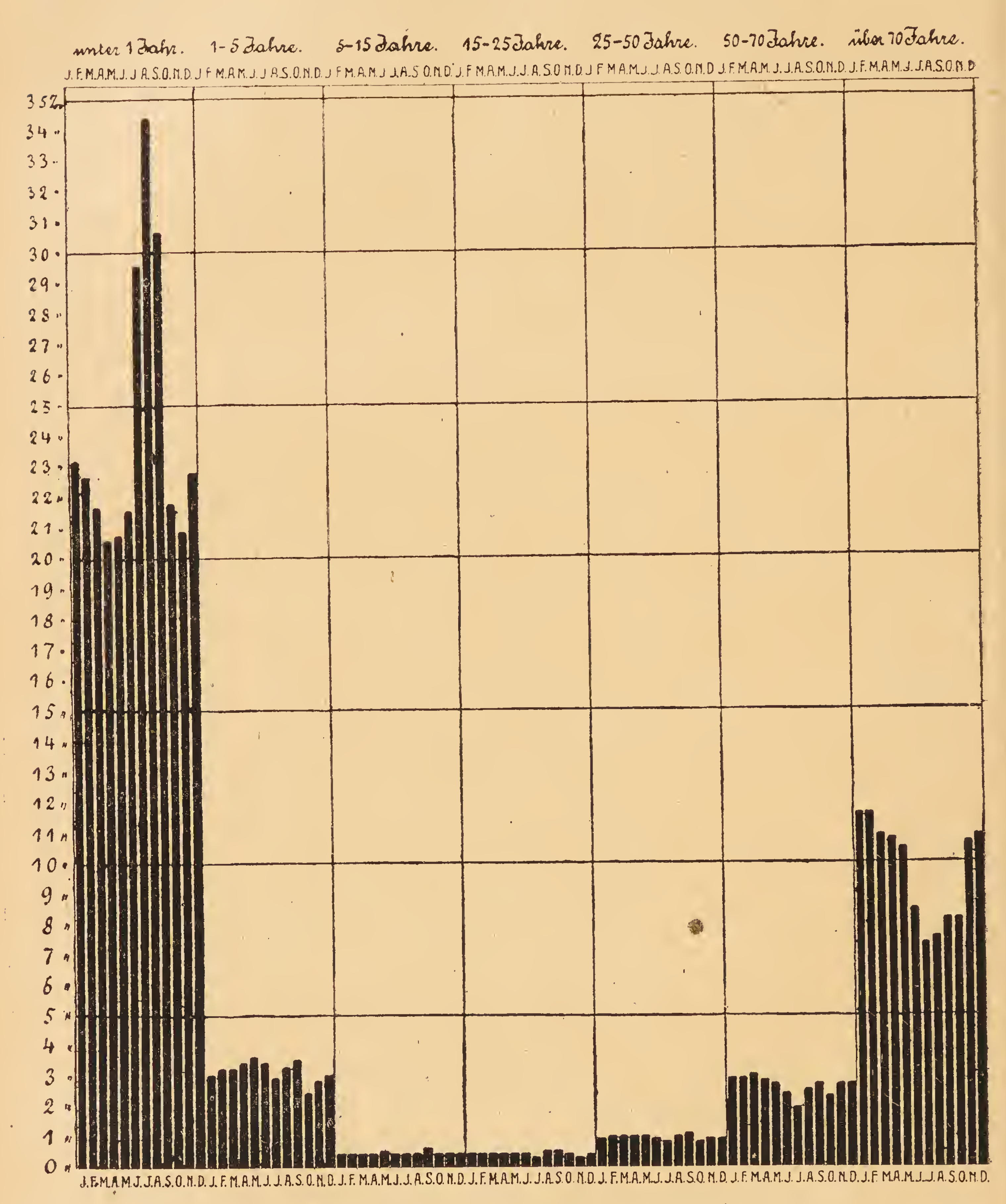


Fig. 3. Sterblichkeit der verschiedenen Altersklassen in den einzelnen Monaten, berechnet auf 1000 Lebende derselben Altersklassen. Hamburg 1872—1896.

Darstellung der Witterungsverhältnisse, welche namentlich auch die Intensität der Exkursionen aller gleichzeitig beteiligten Faktoren zur Anschauung bringt.

Einen wirklichen Einblick in die gleichzeitige, sich ergän-

zende Wirkung verschiedener Faktoren würde man freilich erst gewinnen, wenn es gelänge, alle wesentlichen bei einer hygienischen Wirkung beteiligten Faktoren, Lufttemperatur, Feuchtigkeit, Windstärke usw. in ihrer Wirkung auf die Entwärmung unseres Körpers in eine kombinierte Ziffer zusammenzufassen.

Vincent versuchte zuerst, die Hauttemperatur, die einen Maßstab für unser Temperaturempfinden liefert, aus den verschiedenen klimatischen Faktoren zu bestimmen und so eine „Temperature climatologique“ zu gewinnen, die in einer Ziffer die Gesamtlage der für die Entwärmung in Betracht kommenden klimatischen Einflüsse angibt. Die Beobachtungen Vincents sind indes mit mancherlei Fehlern behaftet. — Neuerdings konnte wenigstens die Beziehung zwischen Temperaturempfinden und Hauttemperatur etwas genauer festgelegt werden (s. S. 45).

Jahreszeitliche Verteilung der Todesfälle.

Die Verteilung der Todesfälle in Deutschland zeigt nur geringfügige Exkursionen; das Minimum beträgt 89, das Maximum 109 Tausend Todesfälle pro Monat. Die eine, kürzere und niedrigere Erhebung fällt in den Hochsommer, die zweite breitere in den Spätwinter bzw. Frühling. — Fig. 4 gibt zugleich eine Übersicht, wie sich in den verschiedenen Lebensaltern die Verteilung der Todesfälle auf Jahreszeiten gestaltet. Wir ersehen aus dieser, allerdings nicht für alle Städte geltenden, Tabelle, daß an der Sommerakme ganz überwiegend das kindliche Lebensalter beteiligt ist, und daß Cholera und Diarrhoea infantum in dieser Jahreszeit die weitaus größte Zahl von Todesfällen veranlassen. Außerdem zeigen Ruhr, Cholera nostras und andere infektiöse Darmerkrankungen der Erwachsenen eine ausgesprochene Sommerakme.

Aus der Ätiologie der Cholera infantum, die im Kapitel VIII genauer besprochen wird, sei hier nur hervorgehoben, daß eine gewisse Höhe der Wohnungstemperatur auf ihr Zustandekommen begünstigend wirkt. Die übrigen infektiösen Darmerkrankungen zeigen Sommerdisposition, weil die stärkere Wucherung von Bakterien in Nahrung und Wasser, die Heranziehung unreiner Wässer, um den gesteigerten Durst zu löschen, die Reisen und Ausflüge zu dieser Zeit die allerverschiedensten Darmaffektionen begünstigen.

Die Krankheiten mit Winterakme betreffen vorzugsweise die höheren Lebensalter, und an ihr beteiligen sich in geringem Grade kontagiöse Krankheiten, Pocken, Masern, Scharlach, Diphtherie (jedoch mit häufigen Ausnahmen); viel deutlicher ist die Steigerung bei Phthise, Pneumonie, Bronchitis, Angina. — Die Begünstigung der kontagiösen Krankheiten erfolgt vor allem durch das im Winter häufigere und innigere Zusammenleben der Menschen in den Wohnungen und durch die erschwerte Reinigung der Wäsche, des Körpers, der Wohnung usw. Die

Zunahme der Todesfälle an Phthise, deutet nicht etwa darauf hin, daß die Phthise vorzugsweise im Winter akquiriert und verbreitet wird, sondern nur darauf, daß das tödliche Ende dieser Krankheit hauptsächlich in der zweiten Hälfte des Winters und im Frühjahr eintritt, weil in diesen Monaten eine erhöhte Gefahr für die Akqirierung von Erkältungskrankheiten, Bronchitis, Pneumonie, gegeben ist, die bei Phthisikern leicht zum Tode führen. Die Steigerung der Erkältungskrankheiten im Winter ist auf die launischen Schwankungen der Temperatur namentlich gegen Ende des Winters und ihr häufiges Zusammenfallen mit heftigen Winden, Bodennässe und Niederschlägen zurückzuführen. Ein genauerer Einblick in die ätiologischen Beziehungen ist aber, wie bereits oben hervorgehoben wurde, zurzeit schon wegen der Mängel der Registrierung nicht möglich.

Die in den letzten Jahren erschienenen Zusammenstellungen von Maggelssen, Ruhemann u. a. über die Abhängigkeit mancher Krankheiten von Witterungsverhältnissen sind völlig unbrauchbar, weil diese Autoren einseitig die Lufttemperatur oder die Sonnenscheindauer u. dgl. als Maßstab benutzt und dazu noch ausschließlich mit Mittelwerten gerechnet haben. — Geringfügigere, nicht in der Mortalitäts- und Morbiditätsstatistik zum Ausdruck kommende Störungen der Gesundheit und des Wohlbefindens durch „das Wetter" liegen zweifellos oft vor, sind aber schwer bestimmt nachzuweisen. Abercromby, Lomer, Miller, Trabert u. a. geben an, daß die mit barometrischen Depressionen einhergehenden Änderungen der Witterung namentlich das psychische Verhalten und nervöse Leiden ungünstig beeinflussen. Lehmann und Pedersen wollen aus solchem Anlaß Abnahme der Muskelkraft und der Gedächtnisleistungen beobachtet haben; Brczina und Schmitt geringere Leistungsfähigkeit bei fallendem Barometer. Die bisherigen Erhebungen sind zu wenig zahlreich, um einen Rückschluß auf die dabei wirklich einflußreichen Witterungsfaktoren zu gestatten.

2. Das Klima.

Eine hygienisch brauchbare Charakterisierung der einzelnen Klimate stößt auf noch bedeutendere Schwierigkeiten, als die Charakterisierung einer Witterung, weil wir dazu der Mittelwerte aus mehrjährigen Beobachtungen nicht entraten können. Wenigstens muß auch hier eine Auszählung der Tage von bestimmter Variation der Temperatur, von bestimmter Windstärke usw. erfolgen, so daß die Intensität der einzelnen Schwankungen einigermaßen hervortritt. Von besonderer Wichtigkeit scheint dies für die interdiurnen Temperaturschwankungen zu sein. Schon beim Vergleich mit der Gesamtmortalität ergibt sich hier eine Beziehung, insofern (in den preußischen Provinzen) die höchste Veränderlichkeit der Temperatur mit der höchsten Mortalität zusammengeht (Kremser).

Den so gewonnenen Ziffern haftet immer noch ein sehr großer Fehler dadurch an, daß das Zusammenwirken verschiedener klimatischer Faktoren gar nicht zum Ausdruck kommt. Mehr noch als für die Charakterisierung der Witterung würde daher für Klimaschilderungen die Aufstellung kombinierter Entwärmungsziffern angezeigt sein. — Manche Hinweise können den pflanzen- und tierphänologischen Beobachtungen entnommen werden. Diese benutzen teils das Vorkommen verschiedener Pflanzen zur Charakterisierung des Klimas, namentlich die mittleren Eintrittszeiten der Vegetationserscheinungen (Belaubung, Blüte, Fruchtreife, Laubverfärbung und Laubfall) bei verschiedenen allverbreiteten Pflanzen, z. B. Roßkastanie, Syringa vulgaris, Weinrebe usw.; teils gewisse Beobachtungen an Tieren, so das erste Rufen des Kuckucks, der Wachtel, das Kommen und Abziehen der Schwalben, der Stare usw.

Auch die Morbiditäts- und Mortalitätsstatistik der einzelnen Klimate ist noch durchaus mangelhaft. Nur wenige europäische Staaten bieten in dieser Beziehung ein einigermaßen befriedigendes Material, und wir müssen uns daher einstweilen auf eine Abgrenzung und Charakterisierung weniger großer klimatischer Zonen beschränken.

a) Die tropische (und subtropische) Zone.

Charakteristik. Tropische Klimate sind ausgezeichnet durch den regelmäßigen, periodischen Ablauf der Witterungserscheinungen, während unperiodische Schwankungen und das, was wir „Wechsel der Witterung“ nennen, fast fehlen. — Meistens sind allerdings Jahreszeiten unterscheidbar, aber nicht sowohl nach der Temperatur, als vielmehr nach Winden und Niederschlägen. In einem Teil des Jahres herrschen die Passate und veranlassen trockenes Wetter. Mit dem Aufhören der Passate beginnt dann die Regenzeit, und zwar stellt dieser Regen eigentlich Sommerregen dar, da er in die Zeit des höchsten Sonnenstandes fällt; meistens bringt aber die Regenzeit infolge der Bewölkung eine gewisse Abkühlung zustande und daher wird diese Periode in manchen Gegenden fälschlich als „Winter“ bezeichnet.

Bemerkenswert ist der Einfluß, den die tropische Regenzeit mit ihren stundenweise, aber in ungeheueren Mengen fallenden Niederschlägen gegenüber der Anhäufung von Schmutzstoffen zeigt, welche während der trockenen Jahreszeit sehr hochgradig zu sein pflegt. Die Bodenoberfläche wird abgeschwemmt, stagnierende Teiche und Flüsse werden mit reichlichem, reinem Wasser gefüllt, der Bezug guten Trinkwassers, die Reinigung der Kleider, der Wohnung usw. außerordentlich erleichtert und dadurch die Verbreitung infektiöser Krankheiten gehemmt.

Entsprechend dem Wechsel der trockenen und der nassen Jahreszeit, ferner je nach der Nähe der Meeresküste, variiert die Luftfeuchtigkeit in den tropischen Gebieten, und da bei hoher Temperatur die Luftfeuchtigkeit zu einem äußerst einflußreichen klimatischen Faktor wird, ist die Wirkung des tropischen Klimas, je nach Art und Jahreszeit, außerordentlich verschieden. — Eine fernere Eigentümlichkeit des Tropenklimas bildet die intensive Sonnenstrahlung. Das Vakuumthermometer steigt auf der besonnten Bodenoberfläche bis über 80°.

Innerhalb weniger Minuten kann die entblößte Haut des Europäers unter der Tropensonne rot und schmerzhaft werden.

Durch die überaus günstigen Bedingungen für organisches Leben kommt es einerseits zu doppelten Ernten; andererseits zu einer enormen Anhäufung von zersetzungsfähigem Material und zu intensiven Fäulnis- und Gärungsvorgängen. Man begegnet daher oft einer hochgradigen Verpestung der Luft durch Fäulnisgase, wenn nicht entweder starke Trockenheit die Zersetzungen hindert oder lebhafte Winde die Gase zerstreuen.

Wesentlich abweichende klimatische Verhältnisse bieten Höhenlagen; in Dar es Salaam am Meeresufer beträgt im Jahresmittel die Temperatur 25,3 °, die Feuchtigkeit 83 Prozent; in Maranga in 1560 m Höhe dagegen 16,7 ° und 77 Proz.

Krankheiten der Tropenzone.

Nach allen Erfahrungen ist die Gesamtmortalität in den Tropen eine sehr hohe. Vergleichbare Zahlen sind wenig vorhanden. In Englisch-Indien starben 1906 von rund 70 000 europäischen Soldaten 10,4 Promille; 28 Promille mußten invalidisiert werden. Ferner starben von 79 Benediktiner-Missionaren in Deutsch-Ostafrika in 15 Jahren 24; 80 Prozent der Todesfälle trafen auf die ersten 1½ Jahre. — Über die Sterblichkeit der Eingeborenen, die von der der Europäer meist stark abweicht, ist noch weniger bekannt. In Hongkong starben 1898 von den Europäern 16,2 Promille, von den Eingeborenen 23,6 Promille. —

Die Steigerung der Mortalität ist vorzugsweise bedingt durch:

Sonnenstich, Hitzschlag und sogenannte Tropenanämie (s. S. 46). Diese erscheinen als schwer vermeidliche Klimakrankheiten. Zweifellos kann durch die Lebensweise, insbesondere Reduktion der körperlichen Arbeit, die Disposition verringert werden. Aber selbst bei großer Vorsicht pflegen nach einer gewissen Zeit in dauernd tropischem Klima Gesundheitsstörungen (Herzaffektionen) aus der fortgesetzt schwierigen Wärmeregulierung zu resultieren.

Malaria ist außerordentlich verbreitet und tritt vielfach in perniziöser Form auf, so zwar, daß sie unbedingt den gefährlichsten Feind des tropischen Klimas darstellt. Ruhr und schwerer Darmkatarrh fordern nächst der Malaria die meisten Opfer. Cholera asiatica tritt in mörderischen Epidemien auf, fordert aber nicht so viel Opfer wie die vorgenannten Krankheiten. Cholera infantum ist in den meisten tropischen Gebieten stark verbreitet.

Auch von Erkrankungen der Respirationsorgane ist die tropische Zone nicht frei. Phthise ist, mit Ausnahme der Hochplateaus und einiger subtropischer Gebiete, fast überall verbreitet, wenn auch nicht so stark wie in Europa. Pneumonie ist in einzelnen Teilen Indiens, ferner in Unterägypten und Tunis selten, kommt aber in anderen tropischen Ländern häufig vor. Bronchitis und andere katarrhalische Erkrankungen werden in den Tropen in großer Zahl beobachtet. Nur gewisse subtropische Gegenden, wie einzelne Teile Ägyptens, die Ostküste Afrikas, Kaliforniens zeigen eine relative Immunität.

b) Die arktische Zone.

Charakteristik. Im polaren Klima tritt uns der Wechsel der Jahreszeiten in ausgesprochener Weise entgegen.

Während des Winters fehlt die Sonnenstrahlung ganz, die Kälte ist intensiv. Auch März und April sind noch sehr kalt; erst im Mai steigt die Temperatur, und die höchste Wärme tritt im Juli-August ein. Im Herbst erfolgt langsamer Abfall der Temperatur. Selbst im Sommer fallen die Strahlen immer noch in sehr spitzem Winkel auf; trotzdem erhebt sich die Temperatur an den meisten Tagen über 0°, das geschwärzte Thermometer steigt noch in 78½° Breite bis 21° C. Der Sommer würde noch erheblich wärmer sein, wenn nicht so viel Wärme durch Schmelzen von Eis und Schnee absorbiert würde.

Die absolute Feuchtigkeit ist im Winter minimal, daher Klagen über quälendes Durstgefühl. Der Himmel ist fast stets heiter, Niederschläge sind selten. Im Sommer tritt oft Nebel ein, ebenso vielfache Niederschläge.

Der Winter bringt eine furchtbare Monotonie; überall zeigt sich das Bild vollkommener Gleichmäßigkeit, Erstarrung und Ruhe. Unter diesen psychischen Eindrücken und unter dem Einfluß des Lichtmangels werden die Menschen anfangs schläfrig und deprimiert; später reizbar. Gewöhnlich gesellen sich Dyspepsien und bei mangelnder Abwechslung in der Kost skorbutische Erscheinungen hinzu.

Mit großer Begeisterung wird von allen Polarreisenden das erste Wiedererscheinen der Sonne geschildert. Schon mehrere Tage ehe sie selbst am Horizont erscheint, wird ihr Nahen durch prachtvolle Dämmerungsfarben angekündigt.

Der Sommer bietet durchweg angenehme Witterungsverhältnisse. Nur die stete Tageshelle bewirkt bei Ungewohnten Reizbarkeit und schlechten Schlaf.

Krankheiten des polaren Klimas.

Die Gesundheitsverhältnisse sind im allgemeinen sehr günstig, abgesehen davon, daß in Island, Grönland usw. ein verhältnismäßig großer Teil der Bevölkerung verunglückt, beim Fischen ertrinkt oder in Schneestürmen umkommt. Malaria, infektiöse Darmkrankheiten, vor allem Cholera infantum, fehlen so gut wie vollständig. Auch die asiatische Cholera hat in Nordamerika den 50., in Rußland den 64. Breitengrad nicht überschritten; gleichwohl liegen beschränkte Epidemien in noch höheren Breiten gewiß nicht außer dem Bereich der Möglichkeit, und daß es bisher zu solchen nicht gekommen ist, daran trägt jedenfalls die Erschwerung der Einschleppung die Hauptschuld.

Krankheiten der Respirationsorgane sind in Island, Skandinavien, Nordrußland usw. häufig, jedoch nicht häufiger, als in der gemäßigten Zone. Im hohen Norden zeigt die Witterung im ganzen weniger gefährliche Schwankungen als in unserem Winter und Frühling; und dabei sind dort die Einrichtungen und Gewohnheiten oft in zweckmäßigerer Weise auf die Bekämpfung der Kälte und den Witterungswechsel zugeschnitten.

Phthise kommt in Island, Spitzbergen, auf den Shetlandinseln, den Hebriden und im nördlichen Norwegen so gut wie gar nicht vor; Pneumonien sind in denselben Gebieten relativ selten. Dagegen werden in Westgrönland und Kanada Phthise und Pneumonien außerordentlich häufig angetroffen. Wodurch

diese eigentümliche Differenz zwischen der östlichen und westlichen Polarregion bedingt ist, läßt sich zurzeit nicht sagen.

c) Die gemäßigte Zone.

Charakteristik. Begrenzt durch die Isothermen des wärmsten Monats von 10° und 20°. Unterhalb der Isotherme von 10° ist Waldwuchs und Getreidebau ausgeschlossen. Weder erschlaffende Wärme, noch hemmende Kälte herrscht während des ganzen Jahres, sondern es findet ein solcher Wechsel der Jahreszeiten und ein so häufiges aperiodisches Schwanken der Witterung statt, daß einerseits intensive Kultur des Landes ermöglicht ist, andererseits scharfe Kontraste und kräftige Reize auf den Körper einwirken. Frühling und Herbst mit ihrem stets wechselnden Wetter kommen erst in dieser Zone zu merklicher Entwicklung.

Innerhalb der gemäßigten Zone findet man im übrigen außerordentlich große klimatische Differenzen. — Die stärksten Kontraste werden durch die mehr maritime oder mehr kontinentale Lage eines Landes bewirkt. Wie bereits früher ausgeführt wurde (S. 41), beobachten wir im kontinentalen Klima die stärksten Tages- und Jahresschwankungen der Temperatur; im Sommer Perioden unerträglicher Hitze, abwechselnd mit plötzlicher hochgradiger Abkühlung; im Frühjahr fortwährend schroffe Witterungswechsel; im Winter Perioden intensiver Kälte, aber auch mit Rückfällen in höhere Wärmegrade untermischt. Die Luftfeuchtigkeit ist im Sommer und Herbst gering, die Luft oft stauberfüllt; Niederschläge sind mäßig, Nebel selten.

An den Küsten begegnet man erheblich gleichmäßigeren Temperaturen. Im Sommer fehlt es ganz an den längeren Perioden stärkerer, erschlaffend wirkender Hitze; im Winter wird die Kälte weniger intensiv. Die Übergänge im Frühjahr und Herbst vollziehen sich spät, aber langsam und allmählich, ohne bedeutendere Rückschläge. Meist herrschen lebhafte Winde; das Sättigungsdefizit ist gering und die Luft rein und staubfrei. Niederschläge sind relativ häufig, der Himmel oft bewölkt; leicht kommt es zu Nebelbildung.

Auch innerhalb ein und desselben Küsten- oder Binnenlandes machen sich noch vielfache klimatische Unterschiede bemerkbar. So kann das lokale Klima wesentlich beeinflußt werden, indem durch Gebirge (Riviera) oder Waldungen ein Schutz gegen die kältesten Winde gewährt wird; indem ferner durch die Lage des Ortes an einem nach S oder SW geneigten Abhang besonders starke Insolation erfolgt; indem die Bodenbeschaffenheit selbst nach stärkeren Niederschlägen ein Trockenbleiben der Bodenoberfläche garantiert usw. — Von mächtigem Einfluß sind ausgedehntere Waldungen. Sie bewirken, ähnlich wie große Wassermassen, ein Ausgleichen der Temperatur dadurch, daß sie einer zu starken Insolation durch fortwährende Verdunstung von Wasser entgegenwirken, und einer zu starken Abkühlung durch die reichlichere Feuchtigkeit der Atmosphäre und durch Wolken- und Nebelbildung vorbeugen. Ebenso ausgleichend wirken sie auf die Verteilung der Niederschläge. Von dem gefallenen Regen halten sie einen relativ großen Bruchteil in der oberen lockeren Bodenschicht zurück, und dieser Anteil fällt nicht einer plötzlichen, sondern einer langsamen, mäßigen Verdunstung anheim, da die Luft ein niedriges Sättigungsdefizit zeigt und die Winde nur abgeschwächt zur Wirkung kommen. Die Jahresmenge der Niederschläge ist zwar bedeutend,

aber diese gehen allmählich und nicht mit plötzlicher Gewalt nieder, weil keine Gelegenheit zu schroffen Abkühlungen und dadurch zu starker Kondensation von Wasserdampf gegeben ist.

Krankheiten der gemäßigten Zone.

In den Ländern mit vorzugsweise kontinentalem Charakter des Klimas ist vor allem die Säuglingssterblichkeit höher, als in den Ländern mit relativ stärkerer Küstenentwicklung; Darmerkrankungen machen über 20 Prozent der Todesfälle aus; dazu kommen zahlreiche Todesfälle an Phthise, Pneumonie und Bronchitis.

Im Küstenklima ist die Mortalität der Kinder viel geringer, weil hier die heißen Sommermonate fehlen, die allein zahlreichere Opfer an Cholera infantum fordern. Ferner tritt an den Küsten in auffälliger Weise die Frequenz der Todesfälle an Phthise zurück. Die klimatischen Verhältnisse, denen dieser günstige Einfluß auf die Phthise zugeschrieben werden muß, liegen vermutlich hauptsächlich in den selteneren und geringeren Schwankungen der Witterung, welche zu einer Verminderung der Erkältungen führen und in der abhärtenden Wirkung der Winde; ferner in der Anregung des Appetits, die auch in den gemäßigten Hochsommertemperaturen anhält. Völlig unrichtig ist die Vorstellung, als ob das Freisein der atmosphärischen Luft von Tuberkelbazillen bzw. von deren Keimen von wesentlicher Bedeutung sei. Die Infektionen erfolgen fast ausschließlich innerhalb der Wohnungen, und der Keimgehalt der Wohnungsluft wird von den klimatischen Differenzen kaum berührt. — Experimentelle Untersuchungen von Loewy u. a. über den Einfluß des Seeklimas auf den Gaswechsel, die Blutbildung, Pulsfrequenz usw. beim Menschen haben kein einheitliches Resultat ergeben.

Im übrigen spielen bei der Mortalität einzelner Landstriche und Städte die Erwerbsverhältnisse, Ernährung und Beschäftigung eine zu große Rolle, als daß in klimatischen Differenzen der Grund für eine lokale Steigerung oder Verminderung der Mortalität an einzelnen Krankheiten erkannt werden könnte.

d) Das Höhenklima.

Charakteristik. In der gemäßigten Zone beginnen die Eigentümlichkeiten des Höhenklimas etwa in 400—500 m Höhe; in niederen Breitengraden jedoch erst in bedeutend größerer Höhe. An dem Aufhören der Vegetation und dem Beginn des ewigen Schnees läßt sich diese Abhängigkeit des Höhenklimas von der geographischen Breite am deutlichsten verfolgen; in den Anden Südamerikas erhebt sich bekanntlich die Baumregion noch bis in eine Höhe von 4000 Meter.

Die klimatischen Eigentümlichkeiten des Höhenklimas sind folgende:

Die Lufttemperatur erfährt, während die Intensität der Sonnenstrahlung gesteigert ist (s. unten), eine Verminderung und außerdem eine Änderung, welche im allgemeinen der vom Meere bewirkten ausgleichenden Beeinflussung ähnlich ist. Für je 100 m Erhebung nimmt die Temperatur im Mittel um 0,57° ab, im Sommer etwas schneller, im Winter langsamer. Ferner nimmt die jährliche und die tägliche Temperaturschwankung mit der Höhe ab. Die nächtlichen Temperaturen sind im Sommer infolge der stärkeren Ausstrahlung erheblich niedriger als in der Ebene.

Die für das Höhenklima charakteristischen Temperaturverhältnisse gelten allerdings nur für Gipfel, Rücken, Abhänge und breite Hochtäler, nicht dagegen für größere Plateaus und für enge Hochtäler. Erstere können sehr starke Kontraste zwischen Tag und Nacht, Sommer und Winter bieten, namentlich wenn ihnen die Bewaldung fehlt; und die engeren Täler zeigen nachts im Winter sehr niedrige Temperaturen, weil dann die kalte Luft in ihnen herabsinkt und dort lagern bleibt.

Die absolute Feuchtigkeit ist, entsprechend den niederen Wärmegraden, gering; die relative Feuchtigkeit meist hoch und das Sättigungsdefizit niedrig. Da aber im Freien stets lebhafter Wind herrscht und auch der geringe Luftdruck die Verdunstung erleichtert, kommt es trotzdem zu einer merklichen, stark trocknenden Wirkung der Luft. Diese wird sofort außerordentlich groß, wenn etwa durch Sonnenwirkung hohe Temperatur hergestellt wird (ebenso in den beheizten Wohnräumen). Halten sich die Menschen vorzugsweise in der Sonne und im geheizten Zimmer auf, so werden sie das in den umgebenden Luftschichten sich herstellende starke Sättigungsdefizit an der Trockenheit der Kleider und der unbekleideten Haut deutlich empfinden. Es kommt daher weniger leicht als im Tale zu Schweißbildung und zu fühlbarer Durchfeuchtung der Kleider.

Die Regenmenge steigt mit der Erhebung; erst in größeren Höhen nimmt sie wieder ab. Der Regen hinterläßt aber bei der fast stets vorhandenen Neigung des Terrains und bei dem starken Austrocknungsvermögen der Luft selten anhaltendere Bodennässe.

Die Luftbewegung ist lebhafter als in der Ebene; aber meist kann leicht völliger Windschutz aufgesucht werden. Bei der Trockenheit der Haut und Kleidung pflegt selbst kalter Wind nur kräftig anregend zu wirken.

Die niedere Temperatur, namentlich zur Nachtzeit, und der lebhafte Wind vereinigen sich, um schon in relativ geringer Höhe die Perioden der schwülen Sommermonate zu beseitigen, die so schwer auf den meisten Menschen lasten und Kranke vollends herunterbringen. Die Wärmeabgabe erfolgt vielmehr stets, auch bei reichlichster Nahrungszufuhr, außerordentlich leicht; und der Appetit pflegt das ganze Jahr hindurch außerordentlich rege zu sein. — Außerdem führt die Herabsetzung des Luftdruckes und die Verminderung der Sauerstoffaufnahme der Luft zu den S. 26 geschilderten Wirkungen.

Besondere Effekte sind noch der überaus kräftigen Insolation zuzuschreiben. Die niedere Schicht der Atmosphäre, ihre große Armut an Wasserdampf, ihre Klarheit und Staubfreiheit läßt im Gebirge einen viel größeren Bruchteil der Sonnenstrahlen zur Erde gelangen als im Tale. Alle Gegenstände, welche Wärme zu absorbieren vermögen, z. B. schneefreier Boden, die Häuser, die Kleider

der Menschen usw., müssen sich daher sehr intensiv unter den Sonnenstrahlen erwärmen. In der Tat finden wir noch in großer Höhe eine ebenso große Bodenwärme wie im Tal, während die Lufttemperatur der der Polargegend gleichkommt. Infolge der intensiven Insolution können selbst Kranke im Winter des Hochgebirges sich dauernd im Freien aufhalten; an besonnten Plätzen und in dunkler Kleidung fühlen sie sich warm und behaglich, während sie eine enorm kalte Luft einatmen. In Davos (Seehöhe 1560 m) zeigte z. B. das Vakuumthermometer am 25. Dezember um 12 Uhr in der Sonne = + 40°, im Schatten = — 9,1°.

Mit der Erwärmung durch die Sonnenstrahlen geht ferner eine außerordentlich intensive Wirkung der ultravioletten Strahlen parallel, für welche die Atmosphäre viel durchgängiger ist (s. oben).

Endlich ist zu erwähnen die Reinheit, Staubfreiheit und oft aromatische Beschaffenheit der Luft, welche anregend auf die Atemtiefe wirkt. — Das oft betonte Freisein der Gebirgsluft von Mikroorganismen kann für die Ansiedelungsstätten nicht so bedeutsam sein, wie oft behauptet wird, ebensowenig wie die gleiche Eigenschaft der Seeluft, da sich dieses Freisein nicht auf die Luft der Wohnräume und auf die gewöhnliche unmittelbare Umgebung des Menschen erstreckt.

Krankheiten des Höhenklimas.

Dem Höhenklima wird gegen eine Reihe von verbreiteten Infektionskrankheiten relative oder vollständige Immunität nachgerühmt; namentlich gegen Cholera asiatica und andere infektiöse Darmkrankheiten, gegen Cholera infantum, gegen Malaria und gegen Phthise.

Die Verminderung bzw. das Fehlen der Cholera infantum ist durch die niederen Sommertemperaturen verursacht. Wo trotz der Höhenlage die Sommerwärme hochgradig wird, z. B. auf kahlen Plateaus und in großen Städten, findet sich oft eine höhere Kindersterblichkeit als in der Ebene.

Cholera asiatica ist zwar an vielen hochgelegenen Orten noch nicht aufgetreten, doch beweist das nichts für eine Immunität des Höhenklimas, da die Erschwerung des Verkehrs im Gebirge die Chancen für die Einschleppung sehr herabsetzt. Andererseits ist erwiesen, daß selbst große Höhenlage vor Cholera nicht schützt, sobald nur reichliche Verkehrsgelegenheit gegeben ist; so hat die Stadt Mexiko (2200 m) seit Herstellung der Eisenbahnverbindung mit Veracruz heftige Epidemien erlebt.

Malaria kommt in den Alpen bis zu einer Höhe von etwa 500 m vor, in Italien bis 1000 m, in den Anden bis 2500 m. Die immune Zone beginnt daher erst dann, wenn solche Herabsetzung der Temperatur eintritt, daß die Existenzbedingungen für Anophelesmücken ungünstig werden (s. Kap. X).

Die Todesfälle an Phthise nehmen mit der Höhenlage entschieden ab. In Persien, Indien, am Harz, im Riesengebirge, in der Schweiz, den

Anden und Cordilleren Amerikas konnte diese Beobachtung bestätigt werden. Auf bewaldeten Gebirgsrücken wurde schon in der Höhe von 5—600 m Abnahme der Phthise konstatiert. Aber es tritt nicht etwa volle Immunität ein, vielmehr nur ein allmähliches Geringerwerden der Mortalitätsziffer. Auch in der Schweiz finden sich in den höchstgelegenen Ortschaften noch Fälle von Phthise. Stark verwischt wird der Einfluß der Höhenlage in industriereichen Städten, wie die Beispiele von München und Bern zeigen.

Viel entschiedener tritt der Einfluß des Höhenklimas auf die Phthise in Höhen über 2000 m zutage. In den 2000—2500 m hoch gelegenen Städten (Puebla, Quito usw.) kommt nach übereinstimmenden Berichten Phthise nur in ganz verschwindender Menge vor.

Die Erklärung für die ausgesprochene günstige Beeinflussung der Phthise wird darin gesucht werden müssen, daß die gleichmäßigere Witterung, der anregende Wind und die niedrigeren Sommertemperaturen den Ernährungszustand des Körpers in ähnlicher Weise begünstigen und gegen Erkältungen abhärten wie das Seeklima. Außerdem kommt vermutlich die Vermehrung der roten Blutkörperchen sowie die (geringe) Vermehrung der Pulsfrequenz und der Respiration in Betracht, welche unter der Einwirkung der Verminderung des Luftdrucks und der Sauerstoffaufnahme sich herstellt; in noch stärkerem Maße die intensive Sonnenstrahlung mit ihrem hohen Anteil an ultravioletten Strahlen.

Akklimatisation.

Vielfach besteht die Ansicht, daß es möglich sein müsse, den schädlichen Einflüssen eines Klimas durch allmähliche Gewöhnung des Körpers — sei es, daß sich diese nur auf das einzelne Individuum, oder aber auf eine Reihe von Generationen erstreckt — zu begegnen, und daß der Mensch im Grunde befähigt sei, in jedem Klima zu leben und zu gedeihen.

Die Erfahrung hat jedoch diese Ansicht, namentlich bezüglich des arischen Völkerstammes, nicht bestätigt. Unter den extremen Klimaten kommt das arktische wenig in Frage; es ist naturgemäß selten das Ziel größerer Kolonisationsversuche. Jedenfalls scheint es relativ geringe Gefahren für die Gesundheit zu bieten; gesunde und mit guten Verdauungsorganen ausgerüstete Menschen pflegen sich dort wohl zu befinden.

In der gemäßigten Zone und auch in den subtropischen Gebieten stößt die Kolonisation ebenfalls auf keine Schwierigkeiten. So haben wir blühende europäische Niederlassungen im südlichen Australien, in Südafrika, in Chile, Argentinien, dem südlichen Teil von Brasilien u. a. m.

Ungleich schwieriger ist für die arischen Völker, speziell für die Bewohner des mittleren Europas, eine Besiedelung tropischer Gebiete. Im Küstenklima zwischen dem Äquator und 15° nördlicher und südlicher Breite und in einer Höhe von weniger als 800 m vermag anscheinend der Europäer keine dauernden Wohnsitze zu begründen. Schon das eingewanderte Individuum selbst pflegt kaum einen ununterbrochenen Aufenthalt von mehreren Jahrzehnten ohne manifeste Gesundheitsstörung zu ertragen. Die in den Tropen geborenen Kinder von Einwanderern (Kreolen) sind besonders leicht vulnerabel und müssen meist für Jahrzehnte nach der Heimat oder in ausnahmsweise günstig gelegene Gegenden, Sanatorien im tropischen Hochgebirge usw. gesandt werden, falls sie zu gesunden Menschen heranwachsen sollen; andernfalls treten sehr leicht Zeichen körperlicher und psychischer Degeneration hervor. In der zweiten und dritten Kreolengeneration tritt bereits geringere Vermehrung ein, und schließlich bleiben die Ehen unfruchtbar. Nur in relativ günstig gelegenen, namentlich gebirgigen tropischen Regionen mit nicht zu großer Feuchtigkeit und stärkeren Schwankungen der Wärme bringen es arische Einwanderer zu einer längeren Nachkommenreihe.

Die gefährlichsten Störungen, durch welche die Mißerfolge der Tropenansiedlung bedingt werden, sind, wie S. 60 hervorgehoben wurde, die Erschwerung der Wärmeregulierung, der notgedrungene Verzicht auf körperliche Bewegung, der wenig erquickende Schlaf; daneben infektiöse Krankheiten, Malaria, Dysenterie und Schlafkrankheit, denen sich in manchen Gegenden noch Gelbfieber, Beri-Beri usw. hinzugesellen.

Diese Klimawirkungen kommen aber nicht gegenüber allen Menschen zustande. Die eingeborene Bevölkerung zeigt zwar meist eine stärkere Gesamtmortalität, als wir in der gemäßigten Zone finden; aber trotzdem reichliche Vermehrung, kräftige Körperbeschaffenheit und ziemliche Leistungsfähigkeit. Ferner gibt es auch einige südeuropäische Völker, welche unter dem Tropenklima viel weniger zu leiden haben und sich dort dauernd vermehren, so namentlich Spanier und Portugiesen.

Die Unterschiede sind begründet 1.: in einer angeborenen Rassendisposition, namentlich gegenüber gefahrdrohenden übertragbaren Krankheiten; häufig stellt sich allerdings bei genauerer Untersuchung heraus, daß es sich um eine in der Jugend erworbene Immunität handelt. Ferner kann in der Beschaffenheit des Körpers ein gewisser Schutz gegen die Störungen der Wärmeregulierung und deren Folgen gegeben sein. Diese Körperbeschaffenheit vererbt sich von Generation zu Generation und garantiert für die Nachkommen die gleiche

Existenzfähigkeit, falls sie nicht durch fortgesetzte Kreuzung mit weniger geeigneten Rassen beeinträchtigt wird.

Für europäische Völker ist es bezüglich ihrer Ansiedlungsfähigkeit in den Tropen von großer Wichtigkeit, ob ihre Vorfahren sich etwa mit Einwanderern aus der tropischen oder subtropischen Zone gekreuzt und so eine Rassenimmunität erworben haben. Es ist das zweifellos der Fall bei den Maltesern, Spaniern und Portugiesen, die sich mit phönizischem und maurischem Blut gemischt haben. Diese liefern daher noch jetzt die in der warmen Zone resistentesten Kolonisten. Nordfranzosen und Deutsche, die ihre Rasse reiner erhalten haben, sind am vulnerabelsten. Besonders widerstandsfähig sollen sich die Juden erweisen.

Jedoch sind die betreffenden statistischen Belege, die in Algier, Westafrika usw. für die Resistenz der verschiedenen Rassen gesammelt sind, wenig beweisend, da dieselben gewöhnlich die verschiedene Beschäftigung und Lebensweise der verglichenen Rassen nicht berücksichtigen. In Algier z. B. sind die eingewanderten Franzosen und besonders Elsässer die eigentlichen Ackerbauer gewesen, die ins Innere des Landes vorgedrungen sind und allen Gefahren exponiert waren; die Semiten dagegen haben sich wesentlich in den Städten aufgehalten und Handel getrieben. Dabei sind sie den Gefahren des Klimas in außerordentlich viel geringerem Maße ausgesetzt als jene Kolonisten; und ein Vergleich der Sterblichkeit beider Rassen gestattet noch keinen endgültigen Schluß auf ihre Resistenz gegen die Wirkungen des Klimas.

2. Ferner kommt eine angeborene individuelle Disposition für die Lebensfähigkeit in den Tropen in Betracht. Selbst unter den Individuen eines nordeuropäischen Volkes pflegt es einige zu geben, welche eine angeborene Immunität gegen die bedeutsamsten Infektionskrankheiten besitzen und außerdem über eine im übrigen möglichst für das Leben in den Tropen geeignete Körperbeschaffenheit verfügen. Magere, aber kräftige Menschen von normaler Blutfülle und Blutbeschaffenheit, mit gesundem Herzen, Gefäßen und Nieren, mit wenig schwitzender Haut sind anämischen, hydrämischen, fetten oder leicht schwitzenden Menschen überlegen. — Diese angeborenen Eigenschaften werden aber durch Ehen mit weniger günstig Konstituierten leicht verloren gehen.

3. Bis zu einem gewissen Grade ist eine Änderung des Individuums im Sinne einer Anpassung an das Klima denkbar. Dieselbe betrifft z. B. den Ernährungszustand; fette Menschen werden durch allmählichen Fettverlust geeigneter; gewohnheitsmäßige übermäßige Nahrungs- und Getränkezufuhr kann allmählich verringert werden; und richtig ausgewählte Kost und mäßige Muskelübung vermögen bestehende Ernährungsdefekte zu beseitigen, die im kalten Klima kaum als störend

empfunden werden, in den Tropen aber gefahrdrohend werden. Ferner wird allmählich die geistige und körperliche Tätigkeit weniger lebhaft, es bildet sich ein trägeres Temperament aus, bei welchem der materielle Umsatz im Körper und die Wärmeproduktion geringer ausfällt und der Wärmehaushalt erleichtert wird. Ohne schwere körperliche Arbeit, nur als Leiter von Arbeiten, kann der Europäer sich relativ lange leistungsfähig erhalten. Aber auch dann sinkt schließlich seine geistige Energie, und diese ist bei der zweiten im Lande geborenen reineuropäischen Generation ebenfalls gering. — Weiter ist eine erworbene Immunität gegen Infektionskrankheiten von großer Bedeutung, namentlich gegen Malaria, bis zu einem gewissen Grade auch gegen Dysenterie und Cholera. — Eine Vererbung dieser erworbenen Körpereigenschaften scheint nicht vorzukommen.

4. Von großer Bedeutung ist das allmähliche Erlernen des hygienisch richtigen Verhaltens. Der neue Einwanderer wird in bezug auf Wohnung, Kleidung, Ernährung, Beschäftigung vielfache Fehler machen, die der ältere Kolonist vermeidet, und hierdurch wird der letztere weniger vulnerabel sein. Diese Überlegenheit kann aber auch durch Auslese vorgetäuscht werden; die von vornherein weniger gut geeigneten Kolonisten erliegen bald oder sind gezwungen, andere Klimate aufzusuchen; die von Anfang an körperlich besser Disponierten überdauern jene und zeigen auch bei längerem Aufenthalt eine relativ geringere Vulnerabilität. — In der Mehrzahl der Fälle wird aber ein günstiger Einfluß des verlängerten Aufenthalts im Tropenklima überhaupt nicht wahrgenommen. So hat man in den meisten englischen Kolonien die Erfahrung gemacht, daß die Mortalität der Truppen sich bedeutend verminderte, wenn die Mannschaften rasch wechselten und nicht über drei Jahre in den Kolonien blieben.

Von größter Bedeutung ist die Tilgung der Seuchen, insbesondere der Malaria, der Schlafkrankheit usw., in den Kolonialgebieten nach den im Kap. „Parasitäre Krankheiten" dargelegten Grundsätzen. Durch die auf der Erforschung dieser Krankheiten beruhenden Maßnahmen können in Zukunft Gebiete besiedlungsfähig werden, die bisher für das Bewohnen von Europäern als völlig ungeeignet gelten mußten. Unter solchen Kautelen wird, selbst in Gegenden, wo eine „absolute Akklimatisation" nicht zu erwarten ist, mindestens doch die Leitung tropischer Kolonien durch Europäer ausführbar sein.

Literatur: a) Methoden: Jelinek, Anleitung zur Anstellung meteorologischer Beobachtungen, Wien 1905. — Aspirations-Psychrometertafeln, herausgegeben vom Preuß. Meteorolog. Institut, 1908. — Flügge, Lehrbuch der hygienischen Untersuchungsmethoden, Leipzig 1881. — Lehmann, Die Methoden der praktischen Hygiene, Wiesbaden, 2. Aufl., 1901. — Über Luftelektrizität:

Elster u. Geitel, Physik. Zeitschr., Bd. 1 u. folg. — Dorno, Höhenklima, Braunschweig 1912. — Korff-Petersen, Zeitsch. f. Hyg. u. Inf., Bd. 80.

b) Meteorologie und Klimatologie: Hann, Handbuch der Klimatologie, 1908. — Supan, Grundzüge der physischen Erdkunde, 3. Aufl., 1908. — van Bebber, Hygienische Meteorologie, 1895. — Assmann, Das Klima, im „Handb. der Hygiene", 1894. — Schilling, Tropenhygiene, 1909. — Zuntz, Loewy, Müller u. Caspari, Höhenklima und Bergwanderungen, 1906. — Berliner, mehrere Arbeiten in den letzten Bänden der „Zeitschr. f. Balneologie" (ebendort zahlreiche andere klimatologische Arbeiten). — Hellpach, Die geopsychischen Erscheinungen, 3. Aufl., 1917. — Eine ausgezeichnete Zusammenstellung unserer jetzigen Kenntnisse über „Klima und Witterung" gibt Lode in den Kap. „Atmosphäre" und „Klima" des „Handbuchs der Hygiene" von Rubner, v. Gruber u. Ficker Bd. 1, 1912.

Zweites Kapitel.

Die gas- und staubförmigen Bestandteile der Luft.

I. Chemisches Verhalten.

Die chemische Beschaffenheit der Luft ist für den menschlichen Körper von großer Bedeutung, weil zwischen beiden ein inniger Wechselverkehr besteht. Der Mensch atmet täglich etwa 10 cbm Luft ein und führt deren Gase teilweise ins Blut über; die gleiche Menge wird, beladen mit allerlei Exkreten, durch Lungen und Haut ausgeatmet. In ähnlicher Weise wird die Beschaffenheit der Außenluft durch die Atmung der Tiere und Pflanzen, durch Fäulnis- und Gärungsprozesse, durch Verbrennungen usw. verändert. Es fragt sich, welchen Grad diese Veränderungen allmählich innerhalb der freien Atmosphäre und im Wohnraum erreichen und welche Schädlichkeiten dem Körper eventuell daraus erwachsen können.

Untersucht man die atmosphärische Luft, so findet man im Mittel 20,7 Prozent Sauerstoff; 78,3 Prozent Stickstoff (O : N = 20,9 : 79,1); in letzterem etwa 1 Prozent Argon; Spuren von Krypton, Neon, Metargon; wechselnde Quantitäten, im Mittel etwa 1 Prozent Wasserdampf (s. im vorigen Kap.); ferner kleine Mengen Kohlensäure; Spuren von Ozon, Wasserstoffsuperoxyd, Ammoniak, Salpetersäure, salpetriger Säure; zuweilen auch schweflige Säure, Kohlenoxyd, Kohlenwasserstoffe usw.

1. Der Sauerstoff.

Derselbe wird überall in der freien Atmosphäre in der gleichen prozentischen Menge gefunden; die Schwankungen des Gehalts betragen in maximo 0,5 Prozent; selbst in Fabrikstädten zeigt die Luft kaum meßbare Unterschiede gegenüber der Land- und Waldluft.

Der Grund dieser Konstanz liegt darin, daß der Vorrat der Atmosphäre an Sauerstoff ein ganz enormer ist. Wenn auch in dem Maße, wie es jetzt geschieht, fortgesetzt Sauerstoff durch Verbrennung und Atmung verbraucht und zur Bildung

von CO_2, H_2O usw. verwandt wird, und wenn aus allen diesen Verbindungen der O nicht nachträglich wieder frei wird, so müssen doch etwa 18 000 Jahre verfließen, bis der O-Gehalt um 1 Prozent abnimmt. Ein wesentlicher Teil des zu Oxydationen verwandten Sauerstoffs wird aber bekanntlich durch die Chlorophyll führenden Pflanzen wieder in Freiheit gesetzt, so daß tatsächlich die Abnahme noch erheblich langsamer erfolgt. — Für eine stets gleichmäßige Verteilung des Sauerstoffs und der anderen Gase sorgen die Winde.

Auch innerhalb bewohnter Räume sind die vorkommenden Schwankungen des Sauerstoffgehalts der Luft als hygienisch bedeutungslos anzusehen. Die absolute Menge des eingeatmeten Sauerstoffs kann dagegen in erheblichem Grade absinken bei abnehmendem Luftdruck (S. 26); etwas, und ohne Symptome herbeizuführen, auch bei höherer Temperatur und der damit parallel gehenden Ausdehnung der Luft.

Eine Bestimmung des Sauerstoffgehalts der Luft ist daher äußerst selten im hygienischen Interesse wünschenswert. Die Ausführung hat eventuell nach den Vorschriften und unter den üblichen Kautelen der Gasanalyse zu erfolgen.

Der Stickstoff der atmosphärischen Luft hat keinerlei Funktion im tierischen oder pflanzlichen Körper; er stellt nur ein indifferentes, den Sauerstoff gleichsam verdünnendes Agens dar, das hygienisch bedeutungslos ist. Die gleiche Indifferenz scheint dem Argon zuzukommen.

2. Ozon und Wasserstoffsuperoxyd.

Beiden Körpern ist ein sehr energisches Oxydationsvermögen eigen; sie machen zusammen die sogenannte „oxydierende Kraft“ der Luft aus.

Das Ozonmolekül wird aufgefaßt als ein Sauerstoffmolekül, welchem noch ein drittes Sauerstoffatom angelagert ist (O_3). Es ist ein farbloses Gas von eigentümlichen Geruch, das meist gemengt mit viel gewöhnlichem Sauerstoff bzw. Luft erhalten wird. In Wasser ist es nur in Spuren löslich. Bei höherer Temperatur und bei Berührung mit den verschiedensten oxydablen Stoffen wird es zersetzt.

Das Ozon der Atmosphäre entsteht durch elektrische Entladungen (Gewitter); bei allen in größerem Umfange ablaufenden Oxydationsprozessen; ferner bei Verdunstung von Wasser. In beiden letzteren Fällen entsteht gleichzeitig Wasserstoffsuperoxyd, bei der Verdunstung sogar in stark vorwiegender Menge, wenn nicht ausschließlich. — Künstlich läßt sich Ozon z. B. darstellen, wenn man elektrische Entladungen durch Luft oder Sauerstoff leitet. — Ozonapparate zur Ozonisierung der Zimmerluft, die neuerdings in den Handel kommen, enthalten entweder Ozonröhren, bestehend aus äußerem Glaszylinder und innerem Al-Zylinder mit Glas-Al-Elektroden und Elektrodenkühlung durch die überschüssige kalte Luft; oder Ozonelemente mit Platten-Elektroden, abwechselnd aus vertikalen Metallplatten und glasumhüllten Metallstäben bestehend. Durch einen Wechselstrom von 10 000 Volt werden stille, funkenlose, blau leuchtende Entladungen hervorgerufen.

Unter den Eigenschaften des Ozons ist sein kräftiges Oxydationsvermögen am bemerkenswertesten. Farbstoffe werden durch Ozon zerstört, Metalle oxydiert, Schwefelmetalle in Sulfate, gelbes Blutlaugensalz in rotes übergeführt. Organische Körper aller Art, Staub, Verunreinigungen der Luft werden gleichfalls oxydiert und bewirken damit Zerlegung des Ozons.

Zur Bestimmung des atmosphärischen Ozons benutzt man gewöhnlich Jodkaliumstärkepapiere, welche 24 Stunden an einem gegen Sonnenlicht geschützten Orte der Luft exponiert, dann befeuchtet und mit einer 16stufigen Farbenskala verglichen werden. Diese Art der Messung ist sehr ungenau, weil das Reagenzpapier die summierte Wirkung aller Ozonteilchen anzeigt, die in 24 Stunden darüber gestrichen sind, so daß der Reaktionsgrad wesentlich abhängig ist von der Intensität der Luftbewegung, während der Gehalt der Luft an Ozon geprüft werden soll. Empfindlicher, aber ebenfalls quantitativ ungenau ist die Beobachtung mit Wursters Tetramethylparaphenylendiamin-Papier, kurz Tetra-Papier. — Genauere Bestimmung gelingt, indem man die Luft durch Jodkaliumlösung oder durch Lösung von arsenigsaurem Kali streichen läßt und dann jodometrische Titrierung anwendet.

Der Eifer, mit welchem trotz der Unvollkommenheiten der Methoden Ozonmessungen betrieben sind, muß zu der Vermutung führen, daß dem Ozon eine erhebliche **hygienische Bedeutung** zukommt. Eine solche ist indessen nicht nachgewiesen. Eine künstlich stark ozonhaltig gemachte Zimmerluft fällt zunächst durch ihren chlorähnlichen, keineswegs angenehmen Geruch auf; leicht stellt sich Reizung der Conjunctiva ein, später treten Schläfrigkeit und Symptome einer Reizung der Respirationsschleimhaut auf. Bei noch stärkerem Ozongehalt kommt es zu Glottiskrampf und sehr heftiger Reizung der Schleimhäute. Von kleineren, aber im Vergleich zum Gehalt der Atmosphäre immerhin bedeutenden Ozonmengen haben Unbefangene keinerlei Empfindung. Auf der Haut machen selbst stärkste Konzentrationen keinerlei Eindruck.

Wenn sonach eine direkte Wirkung des in der Luft enthaltenen Ozons auf den Menschen bestritten werden muß, so hat man doch einen indirekten hygienischen Einfluß vermutet darin, daß das atmosphärische Ozon vielleicht Gerüche zu zerstören und Mikroorganismen zu töten vermag. Auch das hat sich indes nicht bestätigt. Gerüche werden selbst durch viel stärkere Ozonkonzentrationen zumeist nur verdeckt und sehr unvollkommen zerstört; eine künstliche Entwicklung größerer Mengen ist aber für diesen Zweck immerhin brauchbar. Eine Schädigung von wenig resistenten Bakterien beginnt erst bei einem Gehalt von 2 mg Ozon im Liter nach 48 Stunden, von resistenteren bei noch wesentlich höherem Gehalt. Die in der atmosphärischen Luft im Mittel gefundenen 2 mg Ozon in 100 Kubikmeter (in maximo 2 mg in 1 cbm Luft) sind 1000—100 000mal zu gering, um wirksam zu sein.

Auch aus der zeitlichen und örtlichen Verteilung des atmosphärischen

Ozons, soweit diese durch die bisherigen unsicheren Messungen ermittelt wurde, läßt sich nichts entnehmen, was für eine hygienische Bedeutung des atmosphärischen Ozons spräche. Am wenigsten beobachtet man im Herbst, die größten Mengen im Frühjahr, nach Gewittern, bei Schneefall usw. — Örtliche Steigerung findet sich in Wäldern, am Meer, auf Bergen usw. In den meisten größeren Städten (Paris, London, Boston, Prag usw.) war in der Straßenluft bzw. in bewohnten Räumen kein Ozon nachweisbar. Auch statistische Vergleiche zwischen den Resultaten der Ozonmessung und dem Auftreten von Infektionskrankheiten hatten kein Ergebnis.

Nur insofern ist ein nachweisbarer Ozongehalt der Luft von Bedeutung, als derselbe anzeigt, daß die Luft frei von organischem Staub, riechenden Substanzen usw. ist, da diese das Ozon zersetzen. Die Reinheit der Luft beeinflußt aber den Respirationstypus und von da aus vielleicht andere körperliche Funktionen; nur ist das Wesentliche dabei nicht der Ozongehalt, der unter Umständen = 0 sein kann, sondern das Fehlen jener störenden Beimengungen bzw. das Vorhandensein aromatischer, die Atmung geradezu anregender Substanzen (Wald-, Wiesenluft).

Das in der Atmosphäre enthaltene Wasserstoffsuperoxyd, H_2O_2, entsteht durch dieselben Prozesse wie das Ozon, meist aber in viel größeren Mengen als dieses. — Die oxydierende Kraft des H_2O_2 ist nicht so groß wie die des Ozons; Jodkalium wird langsamer zerlegt, Indigo wird nur allmählich entfärbt. Ferner vermag H_2O_2 auch reduzierend zu wirken ($H_2O_2 + O = H_2O + O_2$), z. B. auf Kaliumpermanganat, Ferrizyankalium.

Das atmosphärische H_2O_2 ist leichter nachweisbar als das Ozon, weil es sich in den Niederschlägen löst und dort gleichsam gesammelt wird; man untersucht daher diese oder bewirkt künstliche Taubildung. — Im Mittel findet man in 1 Liter Niederschlag 0,2 Milligramm; in Schnee und Hagel sehr wenig, am meisten im Juni und Juli und bei westlichen Winden.

Hygienische Bedeutung scheint dem atmosphärischen Wasserstoffsuperoxyd nicht zuzukommen. Die betreffenden Konzentrationen sind sowohl auf den Menschen wie auf Mikroorganismen ohne Wirkung.

3. Kohlensäure.

Als **Quellen** der atmosphärischen CO_2 kommen in Betracht: a) Die Atmung der Menschen und Tiere; ein Mensch liefert pro Tag etwa 1000 g; die Ausatmungsluft enthält 4 Prozent CO_2. b) Die Fäulnis- und Verwesungsprozesse, die namentlich im gedüngten Boden in großem Umfang verlaufen. c) Die Verbrennung von Brennmaterial, besonders in Industriebezirken. d) Unterirdische CO_2-Ansammlungen, die sich eventuell nach Bergwerken öffnen (matte Wetter) oder durch Erdspalten und Vulkane ausströmen. — Der fortlaufenden Produktion steht eine ausgiebige Fortschaffung der CO_2 aus der Luft gegenüber, und zwar erfolgt diese:

a) Durch die grünen Pflanzen, die im Tageslicht CO_2 zerlegen. b) Durch die Niederschläge, welche im Mittel 2 ccm CO_2 in 1 Liter enthalten. c) Durch die kohlensauren Salze des Meerwassers.

Außerdem sorgen die Winde für eine gleichmäßige Verteilung der vorhandenen CO_2, so daß wir im Freien nur geringe Schwankungen, zwischen 0,2 und 0,55 pro mille, im Mittel 0,3 pro mille, beobachten. Einen etwas höheren Gehalt findet man im Innern größerer Städte zur Winterszeit. Eine geringfügige Steigerung ist in Wäldern, bei windstillem Wetter in Industriebezirken, ferner bei Moorrauch wahrzunehmen. Die zeitlichen Schwankungen fallen ähnlich aus. — Weit höher, bis 1, 2, ja 10 pro mille, kann der CO_2-Gehalt innerhalb der Wohnungen steigen, wo die Menschen und Leuchtmaterialien reichlich CO_2 liefern, ohne daß eine kräftige Luftbewegung ausgleichend eingreifen kann. — Über die Bestimmung der Kohlensäure s. im Anhang.

Hygienische Bedeutung der Kohlensäure der Luft. Ein direkt schädlicher Einfluß der in der Luft enthaltenen CO_2-Mengen kann nicht angenommen werden. Die CO_2 wirkt erst in größeren Dosen giftig; ein Gehalt der Luft von 1 Prozent kann für längere Zeit ohne Schaden ertragen werden. Auch wenn gleichzeitig Verminderung des Sauerstoffgehalts zustande kommt, also wenn z. B. die CO_2 durch Verbrennung oder Atmung in einem geschlossenen Raum gebildet ist, muß der CO_2-Gehalt auf 1 bis 2 Porzent steigen, der O-Gehalt entsprechend sinken, ehe belästigende Symptome auftreten; auch in Unterseebooten sind Beeinträchtigungen des Wohlbefindens erst oberhalb dieser Grenzen beobachtet.

Trotzdem ist durch vielfache Erfahrung festgestellt, daß freie Luft von mehr als 0,4 pro mille CO_2, wie sie stellenweise in Städten und Industriebezirken vorkommt, als belästigend empfunden wird und daß namentlich in Wohnungsluft von mehr als 1 pro mille CO_2 häufig Gesundheitsstörungen auftreten.

Diese können nicht durch die CO_2 direkt veranlaßt sein, sondern müssen auf andere Eigenschaften der betreffenden Luft zurückgeführt werden, die im folgenden genauer zu erörtern sind, und mit denen der Kohlensäuregehalt vielleicht so weit parallel geht, daß er uns einen Maßstab für die Beurteilung der Luft liefern kann.

4. Sonstige gasförmige Bestandteile der Luft.

a) Kohlenoxydgas und Kohlenwasserstoffe.

Kohlenoxydgas gelangt in die freie Atmosphäre z. B. mit den Gichtgasen der Hochöfen, mit dem Schornsteinrauch, durch die Auspuffgase der Automobile usw., jedoch ohne daß nachweisbare Mengen

sich in der Luft längere Zeit halten. — Im Wohnraum kann es in solchen Mengen, daß Vergiftungen entstehen, der Luft beigemengt werden durch ausströmendes Leuchtgas und durch Eindringen von Heizgasen (s. Kap. VII); in sehr kleiner, nicht nachweislich schädlicher Menge durch Leuchtflammen, Zigarrenrauch usw. — Über CO in Gewerbebetrieben s. Kap. IX. — Nachweis s. im Anhang.

Kohlenwasserstoffe sind als Produkte unvollkommener Verbrennung im Schornsteinrauch enthalten, aber schwerer bestimmbar. In Wohnräume gelangen sie namentlich von der städtischen Straßenluft; gelegentlich auch durch undichte Heizkörper, Tabaksrauch usw. Feinere Nachweismethoden fehlen. Schwerere Gesundheitsstörungen scheinen von dem unter gewöhnlichen Verhältnissen auftretenden Gehalt der Luft nicht auszugehen, wohl aber addieren sie sich zu der durch CO, SO_2 und Rußteilchen ausgehenden Belästigung.

b) Chlor, Salzsäure, schweflige Säure, salpetrige Säure.

Chlor findet sich spurenweise in der Luft im Freien in nächster Nähe von Chlorkalkfabriken, Chlorbleichen usw. Salzsäure in der Nähe von Steinguttöpfereien, Sodafabriken usw. Schweflige Säure (und Schwefelsäure) entstammt vor allem dem S-Gehalt der Kohlen (im Mittel 1,7 Prozent) und findet sich daher reichlich in der Luft von Industriestädten; in Manchester in 1 cbm bis 4 mg. Ferner liefern die Röstöfen der Hütten große Mengen SO_2, ebenso Alaunfabriken, Ultramarinfabriken, Hopfendarren usw. — Salpetrige Säure (bzw. Salpetersäure) findet sich in kleinster Menge fast stets in der freien Luft und entsteht z. B. in der Form von Ammoniumnitrit aus dem Stickstoff, Sauerstoff und Wasserdampf der Luft bei elektrischen Entladungen. In den Niederschlägen beobachtet man 0,4—16 mg in 1 Liter.

In der Wohnungsluft findet sich von diesen Gasen häufiger SO_2 und salpetrige Säure in kleinen Mengen als Produkt der Leuchtflammen (s. Kap. VII). In meßbarer und die Gesundheit akut gefährdender Menge kommen die Gase höchstens in Fabrikräumen vor.

Der Nachweis erfolgt dadurch, daß man größere Volumina Luft durch Kalilauge streichen läßt und in letzterer nach den üblichen Methoden die absorbierten Gase titrimetrisch bestimmt. Bei Cl-Verdacht ist die Vorlage mit JK-Lösung zu beschicken. SO_2-Bestimmung s. im Anhang.

c) Schwefelwasserstoff, Merkaptane, Schwefelammonium, Ammoniumkarbonat, flüchtige Fettsäuren und andere übelriechende Gase

entstehen namentlich bei Fäulnisprozessen. Die Luft im Freien kann manche dieser Gase aus Morästen und aus größeren Fäulnisherden (Fäkaldepots, Düngerhaufen, Poudrettefabriken, Abdeckereien usw.) auf-

nehmen. In sehr hohem Grade wird die Luft der Straßen neuerdings beeinträchtigt durch den übelriechenden Schmieröldampf der Autos. In die Luft der Wohnräume gelangen Schwefelwasserstoff und Schwefelammonium von Aborten, Gruben und Kanälen aus; flüchtige Fettsäuren und andere riechende Gase vorzugsweise durch die Ausdünstung der Menschen, Merkaptane durch den Küchendunst beim Kochen von Kohl usw.

Einige dieser Gase lassen sich leicht chemisch nachweisen; so der Schwefelwasserstoff durch Bleipapier. Allerdings ist der Geruch ein noch viel feineres Reagens; in 50 ccm Riechluft werden beispielsweise noch ein $^1/_{5000}$ mg Schwefelwasserstoff und gar $^1/_{460\,000\,000}$ Merkaptan erkannt.

Manche übelriechende Gase, so Schwefelwasserstoff, Schwefelammonium, sind heftig wirkende Gifte. Aber ihre Menge in der Luft im Freien und in den üblichen Wohnungen ist kaum jemals so groß, daß Giftwirkungen entstehen, während man solche in Abortgruben, Kanälen usw., wo stärkere Konzentrationen sich angesammelt hatten, wiederholt beobachtet hat. Für die Auspuffdämpfe der Autos, die neben viel CO aus nicht vollständig verbranntem Benzin namentlich Acrolein aus Schmieröl enthalten, sind Giftwirkungen nachgewiesen; ob diese ausreichen, um empfindliche Menschen zu schädigen, mag dahingestellt bleiben; jedenfalls sind die Dämpfe ekelerregend und behindern die freie Atmung.

Auch von den durch Zersetzungsvorgänge auf der Haut und den Schleimhäuten des Menschen entstandenen übelriechenden Gasen hat eine toxische Wirkung nicht beobachtet werden können. Derartige Gerüche, die in besonders hohem Grade z. B. bei Menschen mit Schweißfüßen oder mit kariösen Zähnen oder von Karzinomkranken geliefert werden, erzeugen bei demjenigen, der den übelriechenden Raum betritt, Ekel, Widerwillen, Brechneigung; dagegen reagieren die Insassen eines solchen Raumes, die von Anfang an mit den Geruch liefernden Personen zusammen waren, so daß die gleichmäßig steigende Ansammlung der Gase eine Geruchsempfindung nicht auslösen konnte, gewöhnlich in keiner Weise; ebensowenig diejenigen, bei welchen durch Schnupfen, künstlichen Verschluß der Nase und dergl. die Geruchsempfindung ausgeschaltet ist. — Bei vielen Menschen findet außerdem eine weitgehende Gewöhnung an solche Gerüche statt; namentlich in den unteren Volksschichten begegnet man einer starken Gleichgültigkeit gegen üble Gerüche.

Wenn aber auch von einer toxischen Wirkung aller dieser Gerüche nicht die Rede sein kann, so ist doch festzuhalten, daß sie bei einem Teil der Menschen Belästigung durch Ekelempfindung erzeugen und aus diesem Grunde entschieden zu beanstanden sind. Das gleiche gilt von den übelriechenden Beimengungen der Luft im Freien,

zumal diese von vielen Menschen aufgesucht wird zum Zweck einer unbehinderten tiefen Atmung, die nur durch reine oder mit aromatischen Substanzen geschwängerte Luft angeregt wird (vgl. S. 74). Üble Gerüche im Freien müssen in der Nähe von Wohnungen insofern energisch bekämpft werden, als sie den Bewohnern das Öffnen der Fenster unmöglich machen. Die Gerichte haben bereits entschieden, daß darin eine zweifellose Beeinträchtigung der Gesundheit, z. B. infolge fortgesetzten Appetitmangels, zu sehen ist.

Ganz unbegründet ist die früher verbreitete Anschauung, als ob manche infektiöse Krankheiten (Malaria, Typhus) auf die Einatmung schlechter Luft und riechender Gase, sogenannter Miasmen, zurückzuführen seien. Auch ein flüchtiges Gas bewirkt nur Intoxikation, keine Infektion; diese hervorzurufen sind ausschließlich lebende Organismen befähigt (vgl. Kap. X). Stärker riechende Gase deuten lediglich auf die Anwesenheit von wuchernden Saprophyten, namentlich Anaeroben, welche der gleichzeitigen Ansiedlung pathogener Organismen meist feindlich sind und dieser schwer aufkommen lassen. Es ist also entschieden unzulässig, den Ausbruch einer Infektionskrankheit mit dem Hinweis auf Fäulnisgase zu erklären. — Zweifellos sind letztere aber häufig Symptome einer ungenügenden Reinlichkeit in bezug auf Haut, Kleidung, Wohnung, Boden usw.; und da wir wissen, daß in peinlicher Reinlichkeit auch ein Schutz gegen die Aufnahme von manchen Infektionserregern gegeben ist, daß dagegen da, wo Schmutz- und Abfallstoffe sich häufen, auch keine genügende Beseitigung eventuell vorhandener Infektionserreger erfolgt, so deutet insofern übelriechende Luft indirekt auf Begünstigung der Infektionsgefahr. Dieser Indikator zeigt aber bei weitem nicht immer richtig und ist daher nur mit Reserve zu verwerten.

d) Unbekannte giftige, gasförmige Exkrete des Menschen und der Tiere.

Abgesehen von den übelriechenden Gasen, die von Fäusnisherden oder gelegentlich von Menschen durch Zersetzung von Exkreten geliefert werden können, hat man geglaubt annehmen zu müssen, daß die normale Exspirationsluft und die normale Hautausdünstung der Tiere und Menschen noch unbekannte flüchtige Gifte enthalte. Denn zweifellos kommen in mit Menschen erfüllten, schlecht gelüfteten Räumen Gesundheitsstörungen zur Beobachtung; und zwar:

1. Akute Gesundheitsstörungen, bestehend in Kopfdruck, Schwindel, Übelkeit und Ohnmachtsanfällen. Beim zwangsweisen Zusammendrängen vieler Menschen in engen geschlossenen Räumen, z. B. im Zwischendeck von besetzten Schiffen, wo während eines Sturmes alle Luken dicht geschlossen werden mußten, ferner beim Einsperren zahlreicher Kriegsgefangener (schwarze Höhle von Kalkutta, der berüchtigte Turm von Austerlitz) sind sogar zahlreiche Todesfälle

beobachtet, die allerdings ohne weiteres aus der unter diesen extremen Verhältnissen eintretenden Anhäufung von CO_2 und Verringerung von O erklärlich sind.

In der Meinung, für die in sog. „schlechter" Luft entstehenden Beschwerden eine Erklärung zu finden, haben einige Beobachter im Kondenswasser aus der menschlichen Atemluft alkaloidartige Substanzen nachweisen wollen; die angeblichen positiven Resultate konnten aber bei Nachprüfungen nicht bestätigt werden. Peters hat die Wirkung solchen Kondenswassers auf das isolierte Froschherz, ein ungemein feines Reagens auf kleinste Spuren von Giften, untersucht und dabei eine minimale schwächende Wirkung erzielt; neuere Nachprüfungen von Konrich und Lange haben indes ergeben, daß, sobald für die Beseitigung der in den Kondensaten absorbierten CO_2 gesorgt ist, *jeder* Einfluß auf das isolierte Froschherz in Fortfall kommt. Ebenso konnte die Angabe Weichardts, daß ein Ermüdungsgift (Kenotoxin) in den Ausatmungsprodukten mancher Menschen nachweisbar sei, nicht bestätigt werden (Inaba, Korff-Petersen).

Direkte Versuche am Menschen, so angeordnet, daß Menschen, die mit den eigenen gasförmigen Ausscheidungen oder mit denen anderer Menschen beladene Luft einatmen mußten, sind von mehreren Autoren mit völlig negativem Resultat angestellt. Neuere Versuche (Konrich, Schuster) haben vielmehr dargetan, daß eine Ansammlung von Ausatmungsproduktion auch bei sehr hoher Konzentration keinerlei Störung des Befindens hervorruft und sogar die Leistung am Ergographen durchaus nicht beeinflußt. Über ähnliche eingehende Versuche berichtet Winslow im Auftrage der New Yorker Lüftungs-Kommission.

Dagegen beruhen die oben hervorgehobenen Gesundheitsstörungen in Räumen mit zahlreichen Menschen offenbar auf ungünstigen *Entwärmungsverhältnissen* des Körpers. Im Versuch hat sich das mit den Beobachtungen aus der Praxis übereinstimmende Resultat ergeben, daß bei *niederer* Temperatur und Luftfeuchtigkeit *keinerlei* Gesundheitsstörung zu konstatieren ist, trotz sehr hoher Anhäufung von Exhalationsprodukten. Liegt dagegen die Temperatur bei 26° und höher oder bei einer Feuchtigkeit von 60—80 Prozent bei 22° und höher, so tritt fast bei allen Personen, am raschesten bei Herz- und Gefäßkranken, Unbehagen, Kopfdruck, Beklemmung, Schwindel, Brechneigung ein. Gleichzeitig erhebt sich die Stirntemperatur auf 33—35°, die Hautfeuchtigkeit steigt um 20 bis 30 Prozent. Jene subjektiven Symptome sind also im wesentlichen durch *Wärmestauung* bedingt, und für die akuten Gesundheitsstörungen, die in stark gefüllten Räumen auftreten, kommen die *Verhältnisse der Entwärmung* in erster Linie in Betracht.

Der maßgebende Unterschied zwischen Zimmerluft und Luft im Freien besteht dementsprechend darin, daß die kräftige Luftbewegung, die im Zimmer ganz fehlt, dagegen im Freien in hohem Grade eine normale Entwärmung des Körpers begünstigt, so daß im Freien anhaltend lebhafte Körperbewegungen ausgeführt werden können, und außerdem einen anregenden und gegen Erkältungen abhärtenden Hautreiz ausübt. Dadurch ist der Aufenthalt im Freien für den Menschen und insbesondere für die sich herumtummelnden Kinder soviel bekömmlicher als der im geschlossenen Raum, und man kann nicht etwa Ersatz für die Luft im Freien dadurch schaffen, daß man im geschlossenen Raum die chemische Luftbeschaffenheit so beeinflußt, daß sie der im Freien ähnlich wird. Auch wenn wir die Luft in der Peripherie einer Stadt viel „erfrischender" finden als im Inneren, so liegt das vor allem an der stärkeren Luftbewegung und der meßbar niedrigeren Temperatur und Feuchtigkeit der Luft in den peripheren Stadtteilen. Durch chemische Beeinflussung — Rauch, Fabrikgase, Autodämpfe usw. — kann zwar auch die Luft eines Stadtteils minderwertig gemacht werden, namentlich im Vergleich zu Stadtteilen mit viel Garten- und Parkanlagen; und chemische Reinheit oder angenehmes Aroma der Luft regen, wie bereits S. 74 ausgeführt wurde, zu ausgiebigerer Atmung an. Aber die thermischen Einflüsse sind das ungleich Wichtigere für unser Empfinden, und wenn einmal in dieser Beziehung merkbare Differenzen zwischen Stadt- und Vorstadtluft nicht vorhanden sind, z. B. an sehr ruhigen schwülen Sommertagen oder während der ganzen kühleren Jahreszeit, dann versagt auch die sonst verspürte erfrischende Wirkung der Vorstadtluft.

2. Als chronische Gesundheitsstörungen infolge von „schlechter Luft" bezeichnet man vielfach den ungünstigen Ernährungszustand, die Anämie und Hautblässe der Menschen und besonders der Kinder, welche dauernd in engen Räumen sich aufhalten müssen. Es muß zugegeben werden, daß, wenn auch eine akute schädigende Wirkung verbrauchter Luft im Versuch am Tier und am Menschen nicht nachgewiesen werden konnte, trotzdem bei langer und oft wiederholter Einwirkung allmählich Gesundheitsstörungen möglich sind, die sich der experimentellen Feststellung entziehen. Aber entschieden unrichtig ist es, in dem schlechten Aussehen und der verminderten Leistungsfähigkeit gewisser Bevölkerungsgruppen ohne weiteres einen Beweis für den schädlichen Einfluß „schlechter Luft" zu sehen. Denn bei denselben Menschen kommen meist Unterernährung, ungesunde Beschäftigung, Alkoholismus, kurz alle jene eine wirtschaftlich schlechte Lage begleitenden Faktoren als Ursachen der Gesundheitsstörungen in Betracht. — Von besonderer Bedeutung ist anscheinend der Umstand,

ob solche Menschen sich tagsüber viel im Freien aufhalten und bewegen können. Wir sehen oft, daß Erwachsene und Kinder, die tagsüber im Freien leben, gute körperliche Entwicklung zeigen, auch wenn sie die Nacht und einen Teil des Tages in ganz ungenügend gelüfteten Räumen zubringen. Es scheint daher, daß jene immerhin möglichen Schädigungen durch „schlechte Luft" wenigstens durch reichliches Leben im Freien in hohem Grade ausgeglichen werden. Auch von diesem Gesichtspunkt aus kommen wir daher zu einer starken Betonung der Vorteile des Aufenthalts im Freien, insbesondere für die heranwachsende Jugend.

Zur Untersuchung und Begutachtung der Luft in geschlossenen Räumen hat man besonders die Bestimmung des Kohlensäuregehalts der Luft herangezogen, in der Annahme, daß dieser sowohl den ungünstigen thermischen Einflüssen, wie auch den ekelerregenden Gerüchen einigermaßen parallel zu gehen pflegt. Ersteres ist jedoch nur dann der Fall, wenn Wärme und Feuchtigkeit im Raum von Menschen und Beleuchtungsflammen herrühren; sobald dagegen Heizkörper oder warme und feuchte Außenluft mit in Betracht kommen, ist von einem Zusammengehen nicht mehr die Rede.

Um die Anwesenheit übelriechender Gase in einer Luft festzustellen, kann in vielen Fällen die Nase genügen. Aber unser Geruchsorgan vermag quantitative Differenzen nicht genügend abzuschätzen, und namentlich spielen individuelle Verschiedenheiten hier eine so große Rolle, daß sehr häufig der eine dieselbe Luft für gut erklärt, die der andere für schlecht hält. Wir müssen aber einen ziffermäßigen, nicht von dem individuellen Ermessen abhängigen Maßstab für die Luftbeschaffenheit wünschen; und insbesondere die Wohnungs- und Schulhygiene kann eines solchen schwer entraten.

In der CO_2-Bestimmung besitzen wir einen wenigstens in dieser Beziehung teilweise brauchbaren Maßstab. Die Produktion der CO_2 hält in den Wohnräumen meist ungefähr gleichen Schritt mit der Ausscheidung belästigender und übelriechender Gase. Ein Parallelismus mit den übelriechenden Gasen ist auch nicht unter allen Verhältnissen vorhanden; es macht einen erheblichen Unterschied, ob reinliche oder unreinliche, gesunde oder kranke Menschen sich im Raume befinden, ob außer den Menschen andere Geruchsquellen vorhanden sind u. dgl. Diese Verhältnisse sind daher, sobald aus der Menge CO_2 auf die Verschlechterung der Luft geschlossen werden soll, sehr wohl in Rücksicht zu ziehen. Durchschnittlich wird man aber immerhin annehmen dürfen, daß eine Steigerung des CO_2-Gehalts der Luft in Wohnräumen über 2 pro mille mit belästigenden Gerüchen verbunden sein wird, und daß daher eine solche Luft beanstandet werden muß (vgl. unter „Ventilation" und „Schulen").

Für die Beurteilung der Luft im Freien gibt die CO_2-Bestimmung nicht ausreichende Ausschläge und ist als Indikator sehr selten brauchbar. Hier sind wir einstweilen auf die sinnliche Wahrnehmung belästigender Beimengungen angewiesen.

Literatur: Ozon: Sonntag, Zeitschr. f. Hyg., Bd. 8. — Ohlmüller, Arb. a. d. Kais. Ges.-Amt., Bd. 8. — Christmas, Annal. Pasteur

1893, Nr. 10. — Konrich, Zeitschr. f. Hyg. u. Inf., Bd. 72 — Kohlensäure: Lehmann, Methoden 1901. — Toxische Wirkung der Exspirationsluft: Brown-Séquard, Compt. rend. 1888. — Hermans, Arch. f. Hyg., Bd. 1. — Lehmann u. Jessen, Arch. f. Hyg., Bd. 10. — Rauer, Zeitschr. f. Hyg., Bd. 15. 15. — Wolpert, Peters, Arch. f. Hyg., Bd. 47, 57. — Flügge, Heymann, Paul, Ercklentz, Zeitschr. f. Hyg., Bd. 49. — Weichardt, Arch. f. Hyg., Bd. 65. — Inaba, Zeitschr. f. Hyg., Bd. 68. — Korff-Petersen, Schuster, Lange, ibid. Bd. 78. — Winslow, Science 1915.

II. Der Luftstaub.

Unter den in der Luft suspendierten Elementen unterscheiden wir gröbere Staubpartikel, Ruß, Sonnenstäubchen und Mikroorganismen.

Zur quantitativen Bestimmung des gesamten Luftstaubes wird die Luft durch ein Glasrohr mit Wattepfropf aspiriert und die Gewichtszunahme des Rohrs bestimmt. — Um die Rußmengen allein zu bestimmen, kann man die Schwärzung von Filterpapier benutzen, durch welches eine größere Menge Luft (½ cbm) durchgesaugt ist (Rubner, Renk). Die gröberen Rußteilchen lassen sich in Schalen, einer horizontal aufgestellten und einer vertikal dem Winde entgegengerichteten, deren Boden mit einer feinen Ölschicht bedeckt ist, auffangen und kolorimetrisch abschätzen (Liefmann). — Zur mikroskopischen Untersuchung des Luftstaubs setzt man eine Glasplatte, die mit einem klebrigen Überzug (Chlorcalciumlösung, Glyzerin, Lävulose) versehen ist, dem Luftstrom aus. Aitken hat eine Zählung der Staubteilchen in folgender Weise versucht: Bekanntlich werden die kleinsten Staubteilchen sichtbar, wenn sie mit übersättigtem Wasserdampf in Berührung kommen, da dann jedes Teilchen zu einem Kondensationskern wird, der zu einem leicht sichtbaren Tröpfchen anwächst. Aitken konstruierte nun einen Apparat, der es gestattet, die Untersuchungsluft mit staubfreier Luft beliebig zu mischen und dann mittels Luftpumpe zu verdünnen. Die Mischung wird stets so weit getrieben, bis alle Staubteilchen des Gemisches zu Kondensationskernen werden, so daß weitere Druckerniedrigung keine weitere Tropfenbildung veranlaßt. Die Tröpfchen werden mittels einer mit feiner Teilung versehenen Glasplatte gezählt. Unter Berücksichtigung des Mischungsverhältnisses mit staubfreier Luft ergibt sich daraus die Zahl der Stäubchen in der Volumeinheit der Untersuchungsluft. — Es kommen übrigens nicht nur Staubteilchen, sondern auch Ionen als Kondensationskerne in Betracht.

Zur Zählung und Untersuchung der lebenden Mikroorganismen der Luft, die uns vorzugsweise interessieren, läßt sich indes keine dieser Methoden verwenden, vielmehr müssen hierzu Kulturmethoden verwendet werden. Dies kann geschehen 1. durch das Hessesche Verfahren. Ein Glasrohr von 70 cm Länge und 3,5 cm Weite wird mit Nährgelatine beschickt, dann sterilisiert und horizontal gelagert, so daß die Gelatine nach dem Erstarren in dünner Schicht die ganze Wandung auskleidet. Dann wird langsam Luft hindurch aspiriert, etwa 1 Liter in 2—4 Minuten. Die Stäubchen und Bakterienverbände fallen nieder und

entwickeln sich auf der Gelatine zu isolierten Kolonien. — Genauer und bequemer ist:

2. Das Petrische Verfahren. In ein kurzes etwa 2 cm weites Glasrohr wird ein Stück Drahtnetz eingeklemmt, darauf kommt eine etwa 3 cm dicke Schicht grober Sand von 0,4 mm Korngröße, dann wieder ein Drahtnetz. Das so hergestellte Filter wird sterilisiert, mit einem kräftigen Aspirator verbunden und die Luft in raschem Strome durchgesogen. Das Filter hält nachweislich alle Keime sicher zurück. Nach Beendigung des Versuchs wird der Sand und das Drahtnetz des Filters in Schälchen mit Gelatine oder Agar gebracht, und die gewachsenen Kolonien werden gezählt und untersucht. — Die Kolonien werden besser sichtbar und zählbar, wenn man statt des Sandes gestoßenes und gesiebtes Glas oder besser zerkleinerte Quarzstückchen benutzt. Außerdem ist es zweckmäßig, dem Glasrohr mit dem Filter eine bauchige Erweiterung zu geben und das Rohr, das die Luft zuführt, in das Pulver dieser Erweiterung hineinzuführen, um völlig sichere Absorption zu erzielen (Ficker).



Fig. 5. FICKERsches Filter zur Bestimmung der Luftkeime. 1:2.

3. Falls es nicht auf vollständiges Auffangen aller Keime abgesehen ist: Aspiration der Luft durch ein Glasrohr, das mehrfach auf- und abwärts gekrümmt und mit Lävuloselösung ausgekleidet ist; das Rohr wird nach Aufnahme der Luftkeime mit Wasser wiederholt ausgespült, das Waschwasser gesammelt und auf Platten verteilt. 5—20 Prozent der Keime passieren stets selbst mehrere solcher Rohre. — Bei allen Aspirationsmethoden gelingt es nur sehr unvollkommen, die schwebenden Teilchen abzufangen, wenn der Luftstrom stärkere Geschwindigkeit hat als der Aspirationsstrom.

Über den Ursprung und die Verbreitung der einzelnen Elemente des Luftstaubs haben neuere Untersuchungen folgendes ergeben:

1. Grob sichtbarer Staub.

Derselbe ist in der Luft europäischer Städte zu 0,2—25 mg in 1 cbm Luft gefunden; die Zahl der Staubteilchen beträgt auf dem Lande etwa 500 bis 5000, in großen Städten 100 000 bis 500 000 in 1 ccm, bei Steinpflaster am meisten, bei Makadam am wenigsten; die größten Mengen treten bei trockener Bodenoberfläche und austrocknenden heftigen Winden auf.

Die wesentlichste Quelle des Staubes ist die Bodenoberfläche. Wo die obersten Schichten des Bodens aus einem Gesteinsmaterial bestehen, das rasch verwittert und dabei relativ viel feinste Partikelchen liefert;

ferner in einem Klima oder in einer Witterungsperiode, wo starkes Sättigungsdefizit und lebhafte Winde herrschen, werden die reichlichsten Staubmengen gefunden. Besonders in der tropischen und subtropischen Zone, speziell in Pendschab, in Ägypten, der Sahara usw. kommt es in einem Teil des Jahres zu heftigen Staubwinden, die selbst das Innere dei Wohnräume mit enormen Massen von Staub erfüllen und zu einer höchst lästigen Plage werden.

Genauere Untersuchungen über die Qualität des Staubes ergaben, daß er zu ⅔ bis ¾ aus anorganischer Substanz, aus Gesteinssplittern, Sand- und Lehmteilchen besteht. Der Rest besteht größtenteils aus organischem Detritus, Pferdedünger, Haaren, Pflanzenteilchen, Fasern von Kleidungsstoffen, Stärkemehl usw. Ferner finden sich viel tote und lebensfähige Keime von höheren Pflanzen, Pollenkörner und Sporen von Kryptogamen. Der Blütenstaub von Nadelhölzern wird oft meilenweit fortgetragen (Schwefelregen). — Endlich haften vielfach noch Mikroorganismen, teils im toten, teils im lebenden Zustand, an den gröberen Staubteilchen.

Über die vom Staub ausgehenden Gesundheitsgefahren sind wir noch ungenügend orientiert. Zimmer-, Straßen- und Chausseestaub wird oft in großen Mengen von zahlreichen Menschen eingeatmet, ohne daß akute Erkrankungen sich anschließen (Manöver, von zahlreichen Autos befahrene Chausseen). Es scheint, daß eine mechanisch und chemisch reizende Wirkung auf die Respirationsschleimhaut durch derartigen Staub erst bei oft wiederholter Einatmung großer Mengen zustande kommt. Gewerbliche Staubarten mit scharfen und spitzigen Elementen oder chemisch reizendem Material führen im Experiment bei sehr viel kleineren Dosen zu Lungenaffektionen (s. Kap. IX). — Wohl aber kann eine akute Gesundheitsschädigung vom Staub dadurch ausgehen, daß seinen Elementen zufällig lebende Krankheitserreger anhaften. Dies wird namentlich zutreffen für Staub in solchen Wohnungen, in denen kontagiöse Kranke sich aufhalten.

Größere Staubmengen in der Luft im Freien wirken immerhin belästigend und beeinträchtigen die Atmung; und dies allein ist Grund genug, um der Staubentwicklung auf Straßen und im Wohnraum nach Möglichkeit entgegenzutreten. Über die Mittel hierzu s. Kap. VII.

2. Rauch und Ruß.

Der aus den Feuerungsanlagen infolge unvollständiger Verbrennung der Kohle in die Luft übergehende Rauch enthält Kohleteilchen; Ruß, der seinerseits im Mittel zu ⅘ aus C, zu ⅕ aus anorganischen Verbin-

dungen und zu ⅕ aus Kohlenwasserstoffen (Teeren und Ölen) besteht; ferner Verbrennungsgase, CO_2, CO, SO_2 und SO_4H_2 usw. Durch die Entwicklung der Industrie und das Anwachsen der großen Städte ist die Ansammlung von Rauch und Ruß an vielen Orten zu einer argen Plage geworden. Bei dunstig-nebligem Wetter, ferner im Winter ist der Rußgehalt am höchsten. Die rußige Luft führt zu einer starken Verschmutzung des Körpers, der Wäsche und der Wohnungen; Baudenkmäler werden durch die SO_3 angegriffen; die Vegetation wird, und zwar ebenfalls hauptsächlich durch den SO_3-Gehalt des Rauchs, schwer geschädigt, in erster Linie Fichten und andere Koniferen, aber auch Buchen und Birken.

Beim Menschen verursachen die eingeatmeten Kohleteilchen Einlagerung in die Lunge (Anthrakosis pulmonum); ferner in die Bronchialdrüsen, von wo Verschleppungen durch die Blutbahn nach Leber, Milz usw. stattfinden können. Eine schwerere Schädigung der Lunge scheint durch die Kohleeinlagerung nicht zustande zu kommen; Bergleute in Kohlengruben, ebenso Kaminkehrer zeigen keine besonders hohe Ziffer von Erkrankungen der Atemwerkzeuge. Leichtere Schädigung kommt vielleicht eher noch der die Schleimhäute reizenden Wirkung der im Rauch enthaltenen gasförmigen Bestandteile (SO_2) zu.

Wohl aber sind gewisse dem Menschen nachteilige klimatische Veränderungen die zweifellose Folge der in großen Städten und Industriezentren entwickelten übergroßen Rauchmengen. Die Rußteilchen wirken bei hinreichender Luftfeuchtigkeit als Kondensationskerne und bilden vorzugsweise die „Gerüste für die Stadtnebel". Gegenden mit feuchtwarmem Winter (London) sind besonders exponiert und haben die dicksten, fast undurchsichtigen und häufigsten Nebel. In Hamburg werden noch etwa 100 Nebeltage im Jahr gezählt, in Berlin 16. — Durch die Nebel wird die Zahl der Sonnenscheinstunden und die Tageshelligkeit bedeutend herabgesetzt, und diese Lichtverminderung wirkt teils schädigend auf die Augen der Menschen, die feinere Arbeiten zu verrichten haben, teils beeinflußt sie in merkbarer Weise die Gemütsstimmung und Arbeitsfreudigkeit (vgl. S. 52). Eine tunlichste Verringerung der Rauchplage, die namentlich durch geeignetere Behandlung der Verbrennungsanlagen erzielt werden kann und im Abschnitt „Heizung" besprochen wird, ist daher im hygienischen Interesse entschieden anzustreben.

Weitergehende Behauptungen bezüglich der gesundheitsschädigenden Wirkung des Rauchs, die sich teils aus Tierexperimenten, teils aus statistischen Daten über die Frequenz der akuten Lungenkrankheiten ergeben haben sollten, konnten genaueren Nachprüfungen nicht standhalten und sind einstweilen als unerwiesen anzusehen (Ascher; Kritik durch Hahn, Gebecke).

3. Die Sonnenstäubchen.

Sehr kleine Partikelchen von organischem Detritus, feinste Teile von Woll- und Baumwollfasern, abgestorbene, selten lebensfähige Mikroorganismen usw. Sonnenstäubchen sind für gewöhnlich nicht in der Luft wahrnehmbar; läßt man aber in ein sonst dunkles Zimmer einen Lichtstrahl einfallen, so können sie mit bloßem Auge deutlich gesehen werden; durch die stete Anwesenheit dieser Stäubchen wird erst der Lichtstrahl auf seinem Wege durch die Luft dem Auge erkennbar (Tyndall).

Die Sonnenstäubchen sind so leicht, daß sie selbst in ruhiger Luft sich nicht vollständig absetzen und bis zu den größten Höhen in der Atmosphäre verbreitet sind. Sie liefern vermutlich neben den freien Ionen der Luft die Kondensationskerne für die Bildung von Wolken bzw. Nebel auf freier See.

4. Die Mikroorganismen.

(S. vorher die Einleitung zu Kap. X.)

Die Quelle der Luftkeime sind die verschiedensten Oberflächen, auf welchen Bakterienansiedlungen etabliert waren, in erster Linie die Bodenoberfläche, aber auch Kleider, Haut und oberflächliche Schleimhäute der Menschen. — Von feuchten Flächen oder von Flüssigkeiten gehen mit der einfachen Wasserverdunstung und bei schwachen Luftströmen keine Bakterien in die Luft über. Läßt man einen solchen Luftstrom über eine Flüssigkeit oder über feuchte Substanzen, die eine bestimmte, leicht erkennbare Bakterienart enthalten, hinwegstreichen und dann ein mehrfach gekrümmtes Auffangrohr passieren, so finden sich in letzterem keine Keime der betreffenden Art. Wenn aber ein Luftstrom von mehr als 4 m Geschwindigkeit so auf die Oberfläche der Flüssigkeit auftrifft, daß Wellenbildung und beim Anprall der Wellen gegen feste Flächen Zerstäubung eintritt, oder wenn Verspritzen der Flüssigkeit durch heftiges Schlagen oder Platzen oberflächlicher Blasen erfolgt, können Wassertröpfchen und mit diesen Mikroorganismen in die Luft übergeführt werden. Im Freien kommt es beim Anbranden des Meeres, durch Mühlräder, ferner sehr häufig dann, wenn stärkere Winde die vom Regen befeuchteten Baumblätter bewegen, zur Ablösung von Tröpfchen. In Wohnräumen können diese bei jedem Ausgießen von Flüssigkeiten, beim Waschen usw. entstehen; vor allem aber dadurch, daß gesunde und kranke Menschen beim Niesen, Husten und lauten Sprechen nachweislich fast stets feinste Tröpfchen von Speichel und Schleim der Atemwege verschleudern, die lebende Mikroorganismen enthalten können. Zum Weitertransport dieser ein-

mal losgelösten Tröpfchen genügen zum Teil Luftströme von sehr geringer Stärke; selbst solche von 0,1—0,2 mm Geschwindigkeit pro Sekunde können die feinsten Tröpfchen noch meterhoch in die Höhe tragen.

Nach dem Eintrocknen einer Bakterienansiedlung geht der Übertritt der Keime in die Luft zunächst schwierig vonstatten. Sie kleben den Flächen relativ fest an, fixiert durch die zu einer Kruste eintrocknenden schleimigen oder eiweißartigen Stoffe ihrer Hüll- und Interzellularsubstanz. Selbst kräftige Luftströme führen von solchen trockenen Überzügen nichts fort. Erst durch stärkere Temperaturdifferenzen oder durch mechanische Gewalt müssen Kontinuitätstrennungen und teilweise Ablösungen erfolgen; die Kruste zersplittert, und erst dann sind Luftströme von 4—5 m Geschwindigkeit imstande, kleine Teilchen aufzunehmen und zu transportieren. Bildet feiner Sand oder Lehm die Unterlage der Bakterienansiedlung, oder haften sie z. B. an porösen, leicht fasernden Kleidungsstoffen (Sputum, Dejektionen usw an Wäsche), so geschieht die hauptsächlichste Verbreitung nicht sowohl infolge einer Ablösung der Bakterien, sondern dadurch, daß Teile des Substrats selbst in die Luft übergehen. An den mineralischen Staubpartikelchen, sowie an den gröberen und feineren Fasern, welche sich von Kleider- und Möbelstoffen loslösen, haften daher die hauptsächlichsten Mengen der im trockenen Zustand in die Luft übergehenden Mikroorganismen.

Dieser Entstehungsart entsprechend gehören die in Staubform in der Luft enthaltenen Mikroorganismen nicht durchweg zu den feinsten und leichtesten Staubelementen; vielmehr ist der größte Teil derselben unter dem grob sichtbaren Staub zu suchen, und sie sind durchschnittlich gröber und schwerer transportabel als die bakterienführenden Tröpfchen.

Nur für Schimmelpilzsporen liegen die Verhältnisse anders. Auch wenn diese auf feuchtem Substrat wuchern, ragen die trockenen Sporen in die Luft, werden einzeln durch leichte Erschütterungen abgelöst, und in solchem isolierten Zustande durch die schwächsten Luftströme fortgeführt. Die Schimmelpilzsporen sind daher die kleinsten und leichtesten lebenden Elemente des Luftstaubs.

Die verhältnismäßige Größe und Schwere der Bakterienstäubchen ist durch verschiedene Beobachtungen und Experimente bestätigt. Wenn z. B. in ruhiger Luft (Zimmerluft) bakterienhaltiger Staub aufgewirbelt wird, so finden sich anfangs große Mengen Bakterien in der Luft; aber schon nach etwa 30 Minuten sind die Bakterien größtenteils durch Absetzen des Staubes aus der Luft entfernt, und es bleiben im wesentlichen nur Schimmelpilzsporen übrig.

Selbst Luftströmungen bis 0,2 m Geschwindigkeit sind nicht imstande, die gröberen Bakterienstäubchen schwebend zu erhalten oder dieselben fortzutransportieren; nur die leichtesten Bakterienstäubchen (Stäubchen von der Kleidung und von Taschentüchern, nie vom Fußboden) können schon durch Luftströme von 0,2—2,0 mm Geschwindigkeit horizontal weitergeführt bzw. schwebend erhalten werden. —

Für die Qualität der Luftkeime ist es noch von großer Bedeutung, daß viele Bakterienarten ein so vollständiges Austrocknen, wie es für den Übergang in die Luft in Form von feinstem, leicht flugfähigem Staub erforderlich ist, nicht vertragen. Fängt man feinen, mit bestimmten Bakterien beladenen Staub auf, nachdem dieser durch einen Luftstrom von 4 mm Geschwindigkeit (der Luftbewegung im Innern gut ventilierter Wohnräume entsprechend) 0,80 m hoch aufwärts getrieben ist, so sind Cholerabakterien, Pestbazillen, Pneumokokken, Meningokokken, Influenzabazillen, Diphtheriebazillen ausnahmslos abgestorben. Diese alle können daher nur in Form von feinsten Tröpfchen auf weitere Strecken durch die Luft fortgeführt werden. Dagegen bleiben unter den angegebenen Verhältnissen im feinsten Staube lebendig: Tuberkelbazillen, Milzbrandsporen, Staphylokokken, Sarcine, Tetanussporen. Eine Mittelstellung nehmen Typhusbazillen und Streptokokken ein, die wenigstens in Form von etwas gröberen Stäubchen und bei Anwendung von stärkeren Luftströmen noch lebend transportiert werden können.

Zahl und Arten der Luftkeime. Im Freien werden sehr verschiedene Mengen von Luftkeimen gefunden; im Mittel in 1 cbm Luft 500 bis 1000 Keime, darunter 100—200 Bakterien, der Rest Schimmelpilze.

Die geringste Keimzahl wird in Einöden, auf unbewohnten Bergen und im Winter zu finden sein, weil es hier an stärkerer Ausbildung der Bakterienansiedlungen fehlt. Ferner beobachtet man wenig Keime bei feuchtem Wetter und feuchter Bodenoberfläche (nach Regen, im Frühjahr) und bei mäßigen Winden. Nur Schimmelpilzsporen sind auch bei feuchtem Wetter reichlicher in der Luft enthalten, weil diese auch von feuchtem Substrat aus in die Luft gelangen. — Auf hohem Meere ist die Luft in 500—1000 km Entfernung vom Lande oft keimfrei gefunden (Fischer), bei bewegtem Wasser wird sie je nach dem Keimgehalt des Wassers einzelne Tröpfchen mit lebenden Keimen führen. — Nach den bei Luftballonfahrten angestellten Untersuchungen wird die Keimzahl in der Luft beeinflußt 1. durch Sedimentierung; daher Abnahme der Keimzahl (und Staubzahl) mit der Höhe bis auf Null. 2. Durch aufsteigende und absteigende Luftströme; daher im Winter durchschnittlich weniger Keime als im Sommer und die Lage der Höhenzone der Keim-

freiheit im Winter schon etwa bei 1700 m, im Sommer erst bei 3000 m Höhe. 3. Möglicherweise auch durch Sonnenstrahlung (Hahn, Flemming).

Die größten Mengen von Keimen werden in die Luft im Freien dann aufgenommen, wenn hohe Temperatur, starkes Sättigungsdefizit und heftige Winde zusammenwirken. — In geschlossenen Räumen finden sich bei ruhiger Luft sehr wenig oder gar keine Luftkeime; dagegen kommt es bei jedem Verspritzen von bakterienhaltiger Flüssigkeit (Hustenstöße) und in noch größerer Menge beim Aufwirbeln trockenen Staubes (Bürsten, Fegen usw.) zu einem teils vorübergehenden, teils anhaltenden, oft außerordentlich hohen Keimgehalt der Luft.

Wichtiger als die Zahl der Luftkeime ist die Feststellung ihrer Arten und speziell das Verhalten der pathogenen Keime. In dieser Beziehung muß jedoch scharf unterschieden werden zwischen der Luft im Freien und der Luft in geschlossenen Wohnräumen.

Im Freien vollzieht sich immer infolge der steten Bewegung der Luft, die selbst bei sogenannter Windstille noch ½—1 m pro Sekunde beträgt, eine starke Verdünnung der Keime. Seltenere Arten, die ausnahmsweise und in relativ kleiner Zahl in die Luft gelangen, müssen daher so gut wie ganz verschwinden; und da die saprophytischen Bakterienansiedlungen in unendlich viel größerer Ausdehnung vorkommen, als Herde von pathogenen Bakterien, so kann nur ein besonderer seltener Zufall dahin führen, daß einmal eine pathogene Bakterienart bei der Luftuntersuchung gefunden wird. In der Tat haben die verschiedensten Beobachter dies bestätigen können; nur bei direkten Übertragungen von größeren Mengen Straßenstaub und Straßenschmutz auf Versuchstiere hat man z. B. Tetanus- und Ödembazillen und angeblich in vereinzelten Fällen auch Tuberkelbazillen nachweisen können.

Die Luft im Freien bietet daher nur ganz ausnahmsweise Infektionschancen. Damit harmoniert die Erfahrung, daß die Erreger von Pocken, Scharlach, Masern usw., denen wir die Fähigkeit, durch die Luft verbreitet zu werden, zweifellos zuerkennen, so gut wie niemals aus der freien Luft aufgenommen werden, sondern nur im direkten oder indirekten Verkehr mit den Kranken.

Auch Tuberkelbazillen konnten von der Mehrzahl der Untersucher im Luftstaub städtischer Straßen nicht nachgewiesen werden, weil offenbar die Verdünnung selbst dieser reichlich produzierten Bazillen zu bedeutend ist. In interessanter Weise wird die Ungefährlichkeit des Straßenstaubes bestätigt durch eine Statistik der Berliner Straßenkehrer, die der Infektion mit Straßenstaub fortgesetzt in höchstem Grade exponiert sind, von denen aber nur ein relativ sehr kleiner Bruchteil (2 Prozent) an

Lungen- und Bronchialkatarrh (mit eventuellem Ausgang in Phthise) erkrankt. Dabei hatten 70 Prozent dieser Straßenkehrer eine Dienstzeit von über 5 Jahren, 55 Prozent eine solche von über 10 Jahren (Cornet).

Nur wenn etwa eine pathogene Mikrobenart in ähnlicher Ausdehnung auf totem Substrat gedeihen könnte, wie die Gärungs- und Fäulniserreger, oder in solchen Massen in die Luft übergehen würde, wie z. B. die Pollen zur Zeit der Gräser- und Getreideblüte, gewänne eine Infektion in freier Luft Chancen.. Für die bekannten Infektionserreger ist aber eine so ausgedehnte saprophytische Wucherung völlig unwahrscheinlich. Am ehesten könnte noch eine gelegentliche Infektion vorkommen bei den weitverbreiteten Eiterkokken, die aber auch in der freien Luft ungleich seltener vorkommen als auf der Haut, im Wohnungsstaub und an Gebrauchsgegenständen, und die in der Regel von diesen aus in die Wunden eindringen. Ferner begegnet man im Staub den Sporen des Gasödems und des Tetanus, die aber in praxi gleichfalls hauptsächlich durch verspritzten Boden oder durch den den Kleidern aufgelagerten Staub in die zu ihrer parasitären Existenz notwendigen tiefen Verletzungen gelangen.

In geschlossenen Räumen (zu denen auch Treppenhäuser, Korridore, ringsum geschlossene Höfe, Straßen- und Eisenbahnwagen usw. zu rechnen sind) wird gagegen eine Infektion von der Luft aus weit leichter und häufiger zustande kommen, sobald Kranke da sind, deren Exkrete sich der Luft beimengen. — Im geschlossenen Raum kann der bewohnende Mensch täglich bis zu $^1/_6$ des ganzen ihm zur Verfügung stehenden Luftvolums einatmen, und hier können die pathogenen Bakterien einen erheblichen Bruchteil der gesamten Luftkeime ausmachen. Influenzakranke, Phthisiker, Masernkranke im Initial- oder Prodromalstadium, Pockenkranke, Lepröse, Kranke mit Pestpneumonie, Kinder mit Keuchhusten, Diphtherie, Genickstarre usw. werden reichliche mit dem Kontagium beladene Tröpfchen in die Luft liefern und diese bald in geringerem, bald in hohem Grade infektiös machen. Je länger gesunde Menschen sich in solcher Luft aufhalten und je mehr und andauernder sie sich dem Kranken nähern, um so größer wird für sie die Gefahr der Infektion (vgl. Kap. X). — Bei manchen Krankheiten, namentlich bei Phthise und den Wundinfektionskrankheiten, gesellt sich die Möglichkeit einer Infektion durch trockenen, leicht in der Luft schwebenden Wohnungsstaub hinzu, der noch lebensfähige Erreger enthält. In dieser Beziehung pflegt die Wohnungsluft erst dann gefährlich zu werden, wenn sie gleichzeitig grob sichtbaren Staub enthält, der durch Bewegungen des Kranken oder Hantierungen mit infizierten Betten, Kleidern oder Möbeln aufgewirbelt wird.

Zu abweichenden Anschauungen bezüglich der Infektiosität der atmosphärischen Luft ist man früher durch statistische Zusammenstellungen gelangt, aus welchen hervorgehen sollte, daß die Frequenz aller möglichen infektiösen Krankheiten mit der Zahl der in 1 cbm Luft im Freien gefundenen Bakterien parallel geht. Diese Zusammenstellungen sind nur ein Beispiel dafür, wie leicht durch statistische Zusammenstellungen Koinzidenzen erhalten werden können, die in keiner Weise auf einen ätiologischen Zusammenhang hindeuten.

Literatur: Staub und Ruß: Rubner, Arch. f. Hyg., Bd. 57, 59. — Renk, Arb. aus d. hyg. Inst. in Dresden, 1907. — Liefmann, D. Viert. f. öff. Ges., Bd. 40. — Ascher, Der Einfluß des Rauchs usw., Stuttgart 1905. — Verh. d. Ver. f. öff. Ges. in Zürich 1909. — Kister, Ges. Ing. 1910. — Gebecke, Zeitschr. f. Hyg., Bd. 68.

Mikroorganismen: Miquel, Les Organismes vivants de l'atmosphère, Paris 1881. — Cornet, Die Verbreitung der Tuberkelbazillen außerhalb des Körpers, Zeitschr. f. Hyg., Bd. 5, Heft 2. — Flügge, Über Luftinfektion, ebenda, Bd. 25. — Fischer, Zeitschr. f. Hyg., Bd. 1 u. 17. — Hahn, Zentralbl. f. Bakt., Bd. 51. — Flemming, ebenda, Bd. 58.

Methoden: Flügge, Lehrbuch der hyg. Untersuchungsmethoden, 1881. — Lehmann, Die Methoden der praktischen Hygiene, 1901. — Petri, Zeitschr. f. Hyg., Bd. 3 (dort die ältere Lit.). — Aitken, Nature, Bd. 41 u. 45. — Ficker, Zeitschr. f. Hyg., Bd. 23. — Arch. f. Hyg., Bd. 69.

Drittes Kapitel.

Der Boden.

Es ist eine von alters her verbreitete Ansicht, daß der Mensch von der Beschaffenheit seines Wohnbodens in gewisser Weise abhängig ist. Je nach seiner Oberflächenbeschaffenheit ist der Boden ein wesentlicher Teilfaktor des Klimas; ferner ist bei der Fundamentierung des Wohnhauses, bei der Trinkwasserversorgung, bei der Entfernung der Abfallstoffe, bei der Anlage der Begräbnisplätze in erster Linie auf das Verhalten des Bodens Rücksicht zu nehmen. Einige Forscher haben den Boden außerdem als ausschlaggebend für die Entstehung und Verbreitung mancher epidemischer Krankheiten angesprochen.

I. Oberflächengestaltung und geognotisches Verhalten.

Die Gestalt der Bodenoberfläche bietet nicht selten hygienisch interessante Beziehungen. So führt eine zu geringe Neigung des Terrains oder eine muldenförmige Einsenkung leicht zu oberflächlichen Wasseransammlungen, zu feuchtem Boden und zu Malariagefahr. Bei scharf einschneidenden engen Tälern kann es zu nächtlicher Einlagerung kalter Luftschichten kommen. Bergrücken oder Pässe und Sättel sind oft den Winden außerordentlich stark exponiert. Vegetationslose Hochplateaus bieten extreme Temperaturkontraste. Nach Norden gerichtete Abhänge zeigen niedrige, Südabhänge entsprechend höhere Temperaturen infolge der ungleichen Besonnung. — Von erheblichem Einfluß auf das Verhalten der Luftfeuchtigkeit und der Niederschläge und somit des ganzen Klimas ist ferner die B e w a l d u n g der Bodenoberfläche (s. S. 62).

Neben der äußeren Gestaltung kommt der g e o g n o s t i s c h e u n d p e t r o g r a p h i s c h e Charakter der oberflächlichen Bodenschichten in Betracht. — Unser Wohnboden besteht in seinen oberflächlichsten Lagen fast stets aus D i l u v i u m oder A l l u v i u m; Trümmern verwitterter Gesteine, die sich beim Alluvium vorzugsweise durch Ablagerung aus Flüssen, beim Diluvium oft auch unter der Einwirkung der früher bis nach Mitteldeutschland hineinreichenden nordischen Gletscher zu aus-

gedehnten Kies-, Sand- und Lehmschichten aufgehäuft haben. Da Ortschaften in Fluß- oder Bachtälern angelegt zu werden pflegen, bedeckt dort gewöhnlich alluviales Schwemmland die Gesteinslager früherer Formationen; meistens folgen unter dem Alluvium diluviale Schichten, darunter oft in großer Mächtigkeit Tertiärlager. Nur ganz ausnahmsweise kommt es vor, daß Ortschaften unmittelbar auf älterem Gestein liegen.

Früher hat man dem geognostischen Charakter der tieferen Schichten erhebliche hygienische Bedeutung beigemessen. Allerdings sind von der Formation und der Gesteinsart in gewissem Grade die Gestaltungen der Bodenoberfläche und damit das klimatische Verhalten, die Bodenfeuchtigkeit, ferner die Art der Wasseransammlung im Boden, die Beschaffenheit des Trinkwassers usw. abhängig. Aber alle diese Einflüsse sind inkonstant und werden außerdem auf der bewohnten Erdoberfläche durch die Auflagerung alluvialen und diluvialen Schwemmlandes großenteils verwischt.

Es ist daher höchst selten zulässig, von einem bestimmten klimatischen und hygienischen Charakter dieser oder jener Gesteinsformation zu sprechen. Hygienisch bedeutungsvoll sind in dieser Beziehung wesentlich nur die obersten Bodenschichten, und auch bei diesen ist es nicht sowohl von Interesse, ob sie dem Diluvium oder dem Alluvium angehören, sondern höchstens, ob sie innerhalb der letzten Jahre oder Jahrzehnte etwa durch Menschenhand (Aufschuttboden) oder bereits vor Jahrhunderten oder Jahrtausenden durch natürliche Einflüsse entstanden sind.

II. Die mechanische Struktur der oberen Bodenschichten.

Das Verhalten flüssiger, gasiger und suspendierter Stoffe im Boden ist in erster Linie von seiner mechanischen Struktur abhängig. Diese umfaßt die Korngröße, das Porenvolum und die Porengröße; aus den Strukturverhältnissen resultieren ferner unmittelbar jene eigentümlichen Eigenschaften des Bodens, welche unter der Bezeichnung „Flächenwirkungen“ zusammengefaßt werden.

a) **Korngröße.** Die mechanische Struktur zeigt in dem vorherrschenden Geröllboden die auffallendsten Unterschiede je nach der Größe der komponierenden Gesteinstrümmer; man scheidet in dieser Weise Kies (die einzelnen Körner messen mehr als 2 mm), Sand (zwischen 0,3 und 2,0 mm Korngröße), Feinsand (unter 0,3 mm Korngröße), Lehm, Ton, Humus (abschlämmbare Teile). Ton besteht aus allerfeinsten Partikelchen; enthält er gewisse Verunreinigungen, so bezeichnet man ihn als Lette, Flinz; bei einem Gehalt von feinem Sand und geringen

Eisenbeimengungen als Lehm. Humus ist Sand oder Lehm mit reichlicher Beimischung organischer, namentlich pflanzlicher Reste.

Der Untergrund der Städte erhält durch die verschiedene Korngröße des Bodens ein besonderes Gepräge. Bald liegt lockerer, grober Kies vor (München); bald gleichmäßiger mittelfeiner Sand (Berlin); bald vorwiegend Lehmboden (Leipzig). Grober Kies kann mit feinerem Kies und Sand oder mit dichtem Lehm gemengt vorkommen. Oft ist auch der Sand aus verschiedenen Korngrößen und eventuell noch mit lehmigen Teilen gemischt. Nicht selten findet sich beim Aufgraben städtischer Straßen bis in mehrere Meter Tiefe ein dunkelgefärbter humusartiger Boden, der durch Reste von Mauer- und Pflastersteinen, Mörtel, Holz usw. als Aufschuttboden zu erkennen ist.

Um zu bestimmen, welche Korngrößen ein Boden enthält, und in welchem Verhältnis die einzelnen Korngrößen gemischt sind, wird eine Probe des Bodens getrocknet, leicht zerrieben, gewogen und auf einen Siebsatz gebracht, welcher Siebe von verschiedener Maschenweite enthält. Die auf jedem Sieb zurückbleibende Masse wird wieder gewogen und auf Prozente des Gesamtgewichts der Probe berechnet. Die feinsten Teile (unter 0,3 mm) können noch durch Schlämmapparate in weitere Stufen zerlegt werden; doch ist eine solche Trennung häufiger im landwirtschaftlichen, als im hygienischen Interesse indiziert. — Das Resultat der Analyse wird beispielsweise in folgender Form gegeben: Charakter des Bodens: Grober Sand; enthält: 12 Prozent Feinkies, 79 Prozent Grobsand, 9 Prozent Feinsand und abschlämmbare Teile.

b) **Die Porosität und das Porenvolum.** Die Eigenschaft der Porosität fehlt dem städtischen Untergrund nur in den seltenen Ausnahmefällen, wo kompakter Felsboden die Wohnstätten trägt. Auch dann ist nicht selten nur scheinbar dichte Struktur vorhanden; Kalk- und Sandsteinfelsen zeigen oft eine poröse Beschaffenheit und können große Mengen Wassers schnell aufsaugen. — Der aus Gesteinstrümmern aufgeschichtete alluviale oder diluviale Boden enthält selbstverständlich stets eine Menge von feinen Poren zwischen seinen festen Elementen. Diese Zwischenräume sind von besonderer Wichtigkeit; denn was immer sich im Boden findet, Luft, Wasser, Verunreinigungen, Mikroorganismen, muß sich in diesen aufhalten bzw. durch diese fortbewegen.

Zunächst ist zu fragen, wie groß das **Porenvolum** ist, d. h. wieviel Prozent des ganzen Bodenvolums von den Poren eingenommen wird. — Dies hängt wesentlich davon ab, ob die Elemente des Bodens untereinander annähernd gleichgroß oder aber aus verschiedenen Größen gemischt sind. Sind dieselben gleichgroß so beträgt das Porenvolum etwa 38 Prozent, und zwar ebensowohl wenn es sich um Kies, als wenn es sich um Sand oder Lehm handelt. So haben z. B. alle abgesiebten und daher aus untereinander gleichgroßen Elementen zusammengesetzten Bodenproben 38 Prozent Poren; die kleineren Korngrößen haben um

so viel feinere Zwischenräume, aber entsprechend mehr an Zahl, so daß die Volumprozente gleich bleiben.

Wesentlich kleiner wird das Porenvolum, wenn verschiedene Korngrößen gemischt sind, so zwar, daß die feineren Teile die Poren zwischen den größeren Elementen ausfüllen. Dann kann eine große Dichtigkeit und ein sehr geringes Porenvolum resultieren. Sind z. B. die Poren des Kieses mit grobem Sand, und dann die Poren des Sandes mit Lehm ausgefüllt, so geht das Porenvolum auf 5—10 Prozent herunter und der Boden bekommt eine außerordentliche spezifische Schwere (Leipziger Kiesboden).

Das Porenvolum läßt sich mathematisch berechnen, wenn man die Körner des Bodens als gleich große Kugeln ansieht. — Eine direkte Bestimmung ist dadurch möglich, daß man in ein bekanntes Volum trockenen Bodens von unten her langsam Wasser aufsteigen läßt, bis alle Poren gefüllt sind und die Oberfläche feucht geworden ist; die Menge des zur Füllung der Poren verbrauchten Wassers ist durch Messung oder Wägung zu bestimmen. — Ist das Porenvolum unter den natürlichen Verhältnissen zu bestimmen, so ist mit einem besonderen Apparat eine kleine Säule des Bodens auszustechen, und dann ist die in den Poren enthaltene Luft durch Kohlensäure auszutreiben und in einem mit Kalilauge gefüllten Eudiometer zu messen. — Auch wenn man den herausgehobenen und zerlegten Boden trocknet, dann in einen festen Messingzylinder in kleinen Portionen einträgt und möglichst dicht einstampft, läßt sich durch Wasserfüllung annähernd das Porenvolum des natürlichen Bodens ermitteln. — Das gleiche erreicht man, wenn der Zylinder ein bekanntes Volum faßt und man dann Zylinder + Boden wägt. Das spezifische Gewicht der einzelnen vorzugsweise in Betracht kommenden Bodenelemente beträgt nämlich, einerlei ob es sich um Kies, Sand oder Lehm handelt, etwa 2,6. Dividiert man das wahre Gewicht eines Bodenvolums durch dieses spezifische Gewicht, so erhält man das Volum der festen Gesteinsmasse, und durch Abzug dieses Volums von dem Gesamtvolum die Summe der Zwischenräume. Hat man z. B. 500 ccm Boden und diese wiegen 1000 g, so sind $\frac{1000}{2{,}6} = 385$ ccm feste Masse und also 115 ccm Poren vorhanden; das Porenvolum beträgt folglich 23 Prozent.

c) Die **Porengröße** schwankt in derselben Weise wie die Korngröße und ist bei Ton, Lehm, sowie bei den aus diesen feinsten Elementen und gröberen Körnern gemischten Bodenarten am geringsten. Häufig sind größere und kleinere Poren in demselben Boden nebeneinander. An den gröberen Poren sind außerdem ungleichwertige Anteile zu unterscheiden: die Ausläufer entsprechen feinsten Poren und wirken eventuell diesen ähnlich durch die relativ große Ausdehnung der den Hohlraum umgebenden Flächen; der Rest der Poren zeigt dagegen eine im Verhältnis zum Hohlraum geringe Ausdehnung der begrenzenden Flächen und ist daher zu sog. Flächenwirkungen ungeeignet.

Je feiner die Poren sind, um so mehr Widerstände bieten sie der

Bewegung von Luft und Wasser. Die **Durchlässigkeit** (Permeabilität) eines Bodens für Luft und Wasser ist daher in erster Linie von der Porengröße, daneben noch vom Porenvolum abhängig, und zwar haben genauere Bestimmungen ergeben, daß sie den vierten Potenzen der Porendurchmesser proportional ist, also mit dem Kleinerwerden der Poren außerordentlich rasch abnimmt.

Die Durchgängigkeit der Luft läßt sich in der Weise bestimmen, daß man bei gleichem Druck Luft durch eine bestimmte Schicht des Bodens hindurchtreten läßt und dann die Mengen, die in der Zeiteinheit passiert sind, mit Hilfe einer Gasuhr mißt. — Die Durchlässigkeit für Wasser ist im Laboratorium nicht zu ermitteln, weil die in den Poren eingelagerten und nicht völlig zu beseitigenden Luftblasen sehr ungleiche Widerstände bedingen.

Befeuchtet man absichtlich den Boden, so hört bei feinerem Boden schon alle Luftbewegung auf, sobald etwa die Hälfte der Poren mit Wasser gefüllt ist. — Noch bedeutender ist die Abnahme der Permeabilität im gefrorenen Boden.

III. Zersetzungsvorgänge im Boden.

a) Flächenwirkungen des Bodens.

Der poröse Boden bietet in den Begrenzungen seiner Zwischenräume eine ganz enorme Oberfläche dar, welche imstande sein muß, energische Attraktions- und Adsorptionswirkungen auszuüben. Dieselben werden um so stärker ausfallen, je feinkörniger der Boden ist. Bei grobem Kies zählt man in 1 cbm Boden etwa 180 000 Körner und diese repräsentieren eine Oberfläche von 56 qm; feiner Sand enthält dagegen in 1 cbm etwa 50 000 Millionen Körner mit einer Oberfläche von über 10 000 qm. — Die Attraktion erstreckt sich:

1. auf **Wasser.** Läßt man durch einen vorher trockenen Boden größere Wassermengen hindurchlaufen, so gewinnt man nach dem Aufhören des Zuflusses nicht alles Wasser wieder, sondern ein Teil wird in dem Boden zurückgehalten. Dieser Rest gibt ein Maß für die „wasserhaltende Kraft“ oder die sog. „kleinste Wasserkapazität“ des Bodens. Je größer das gesamte Porenvolum und je größer der Prozentsatz der feinen Poren ist, um so mehr Wasser vermag im Boden zurückzubleiben. Bei reinem Kiesboden werden nur 12—13 Prozent der Poren dauernd mit Wasser gefüllt; 1 cbm Kiesboden vermag daher höchstens 50 Liter Wasser zurückzuhalten (1 cbm nimmt bei 38 Prozent Porenvolum 380 Liter in den gesamten Poren auf, in 13 Prozent derselben also 50 Liter). Dagegen findet man beim Feinsand etwa 84 Prozent feine Poren; 1 cbm solchen Bodens hält dementsprechend

320 Liter Wasser zurück. — Ist der Boden aus verschiedenen Korngrößen gemengt, so verringert sich schließlich die Wasserkapazität, weil das Gesamtvolum der Poren erheblich kleiner wird.

Die Bestimmung der Wasserkapazität erfolgt dadurch, daß ein mit trockenem Boden gefülltes, unten durch ein Drahtnetz verschlossenes Blech- oder Glasrohr gewogen und dann langsam in ein größeres Gefäß mit Wasser eingesenkt wird; ist das Wasser bis zur Oberfläche durchgedrungen, so hebt man das Rohr heraus, läßt abtropfen und wägt wieder.

Eine fernere Wirkung des Bodens gegenüber dem Wasser (oder anderen Flüssigkeiten) besteht in dem kapillaren Aufsaugungsvermögen. Nur die engsten Porenteile oder Poren vermögen solche Kapillarattraktion zu äußern und durch diese das Wasser seiner Schwere entgegen fortzubewegen; die Füllung erstreckt sich aber auf die ganzen Porenräume und ist daher bedeutender als die Wassermenge, welche der kleinsten Wasserkapazität entspricht.

Man prüft die Kapillarität durch aufrechtstehende Glasröhren, welche mit verschiedenem Boden gefüllt sind und mit ihrem unteren Ende in Wasser eintauchen; man beobachtet dabei teils die Höhe, bis zu welcher das Wasser gehoben wird, teils die Geschwindigkeit des Aufsteigens. Letztere ist im Kies und grobem Sand, der geringen Widerstände wegen, bedeutender; im Feinsand und namentlich im Lehm steigt die Säule erheblich langsamer; erreicht aber dafür eine Höhe von 120 cm und mehr.

2. **Wasserdampf und andere Dämpfe und Gase** werden im Boden adsorbiert (unabhängig von einer Kondensation durch Temperaturerniedrigung). Energische Wirkung zeigt nur der feinporige, trockene Boden. Bekannt ist dessen momentane Adsorption riechender Gase; die aus Fäkalien, Faulflüssigkeiten usw. sich entwickelnden Gerüche (Erdklosetts), die riechenden Bestandteile des Leuchtgases usw. können durch eine Schicht feiner, trockener Erde vollständig zurückgehalten werden.

3. Adsorption **gelöster Substanzen.** Verschiedene chemische Körper unterliegen einer Zurückhaltung durch chemische Umsetzung mit Hilfe gewisser Doppelsilikate des Bodens; in dieser Weise erfolgt die für den Ackerbau so wichtige Fixierung der Phosphorsäure, des Kalis und Ammoniaks. — Daneben ist eine Reihe von Adsorptionserscheinungen von besonderer Bedeutung, die nur durch Flächenattraktion zustande kommen und sich namentlich gegenüber organischen Substanzen von hohem Molekulargewicht und zum Teil kolloidaler Natur: Eiweißstoffen, Fermenten, Alkaloiden, Bakterientoxinen, Farbstoffen usw. geltend machen. Kohle, Platinschwamm, Tonfilter, kurz jeder poröse Körper mit großer Porenoberfläche zeigt ähnliche Wirkung. Von Bodenarten ist nur Humus, Lehm und feinster Sand zu stärkeren Effekten befähigt; bei Kies und Grobsand kommt keine merkliche Adsorption zu-

stande, oder doch erst nachdem sich Substanzen mit großer Oberfläche auf ihnen abgelagert haben (siehe Abwasserreinigung).

Am leichtesten zu demonstrieren ist die schnelle und gründliche Zurückhaltung der Farbstoffe; ferner die Retention der Gifte. Gießt man z. B. auf eine Röhre mit 400 ccm Feinsand sehr allmählich 1prozentige Strychninlösung (täglich etwa 10 ccm) oder eine entsprechende Lösung von Nikotin, Koniin usw., so ist in den nach einigen Tagen unten ablaufenden Portionen nichts von diesen Giften mehr nachzuweisen. — Am vollständigsten ist die Wirkung, wenn der Boden nicht mit Wasser gesättigt wird, sondern wenn die Poren zum Teil lufthaltig bleiben, oder wenn ein Wechsel von Befeuchtung und Trockenheit stattfindet. — Wählt man zu konzentrierte Lösungen oder bringt man zu schnell neue Portionen auf, so wird der Boden übersättigt und die Adsorption bleibt unvollständig.

Für gewöhnlich bleibt es nicht nur bei der Fixierung der bezeichneten Stoffe, sondern es erfolgt auch Zerstörung und Oxydierung der organischen Moleküle; aller C und N wird vollständig mineralisiert, d. h. in Kohlensäure und Salpetersäure übergeführt, und nur letztere findet man im Filtrat des Bodens. Diese Zerstörung ist aber im wesentlichen eine Leistung der saprophytischen Mikroorganismen des Bodens. Sterilisiert man den Versuchsboden, so tritt nur oberflächliche Zerlegung der organischen Stoffe ein; z. B. in den Versuchen mit Strychninlösung erscheint viel Ammoniak und sehr wenig Salpetersäure im Filtrat.

b) **Wirkungen der Mikroorganismen des Bodens.**

Auf die Bodenoberfläche gelangen enorme Mengen zersetzlichen Materials; Abfallstoffe des menschlichen Haushalts, menschliche und tierische Fäkalien, Tierkadaver, absterbende Pflanzenteile usw. Durch die Niederschläge werden die löslichen Bestandteile dieser Massen langsam in die Tiefe gespült. Die festen Teile werden durch Gärungs- und Fäulnisvorgänge allmählich in Lösung übergeführt. Fäulniserregende Bakterien sind in solchem Material überall verbreitet; ebenso Erreger der Buttersäure-, Zellulosegärung usw. Wo in einer Ansammlung von totem Material der Luftzutritt fehlt, oder wo aërobe Bakterien bereits den Sauerstoff aufgezehrt haben, greifen namentlich anaërobe Gärungen um sich, bei denen reichlich riechende Gase entstehen. Kann dagegen durch die Poren des Bodens Luft mit einem wenn auch geringen Sauerstoffgehalt zutreten, so läuft die Zersetzung als „Verwesung“ unter Oxydation der riechenden Produkte ab.

Unterhalb der Bodenoberfläche ist durch diese bakterielle Tätigkeit in wechselnder Tiefe der weitaus größte Teil des Kohlenstoffs der organischen Bodenverunreinigung in CO_2 verwandelt, die teils als Lösungsmittel für Mineralbestandteile auftritt und gebunden wird, teils im freien

Zustand der Bodenluft ihren eigentümlich hohen CO_2-Gehalt verleiht (s. S. 102). — Auch an dem N-Gehalt des Bodens, dem bekanntlich die größte Bedeutung für dessen Ertrag zukommt, ist bakterielle Tätigkeit in verschiedener Weise beteiligt. Das bei der Fäulnis entstehende Ammoniak muß, um von den Pflanzen leicht assimiliert zu werden, ebenfalls noch eine Mineralisierung, eine Umwandlung in Nitrate erfahren, und dies geschieht durch bestimmte, im Boden weitverbreitete nitrifizierende Bakterien.

Winogradsky ist die Isolierung solcher die Nitrifikation bewirkenden Bakterien durch Verwendung eines von organischem Nährstoff freien Nährbodens (Kieselsäuregallert + anorganische Lösungen) gelungen. Er fand zwei Arten, eine rundliche, zeitweise eine Geißel tragende Art, Nitrosomonas, und einen unbeweglichen Nitrosococcus, welche Ammoniak in Nitrit, und einen sehr kleinen unbeweglichen Bazillus, Nitrobakter, welcher Nitrit in Nitrat verwandelt, und welche anscheinend überall im Boden verbreitet sind. Ihren Bedarf an Kohlenstoff vermögen sie den kohlensauren Salzen oder der CO_2 der Luft zu entnehmen; dieser Bedarf ist im ganzen sehr gering gegenüber den N-Mengen, die sie oxydieren. Als Nährlösung empfiehlt sich z. B. für den Nitrobakter eine Mischung von 2 g $NaNO_2$, 1 g Na_2CO_3, 0,5 g K_2HPO_4, 15 g Agar und 1000 g Flußwasser. — Bei zu konzentrierter Nährlösung und mangelndem Luftzutritt (auch in städtischem überpflastertem Boden) treten die Wirkungen der oxydierenden Bakterien oft in den Hintergrund und es werden dann andere Bakterienarten begünstigt, bei deren Lebenstätigkeit Reduktionsvorgänge (Denitrifikation mit Bildung von Stickoxyd und Stickstoff oder Reduktion zu Nitrit und NH_3) ablaufen.

Ammoniakbildung kommt im Boden nicht nur durch Spaltung höherer N-Verbindungen zustande, sondern gewisse Bodenbakterien sind imstande, auch den N der Luft zu assimilieren und dadurch den NH_3-Gehalt und das Material für die Nitratbildung in bemerkenswerter Weise zu vermehren. Einmal vermögen einige frei lebende anaërobe und aërobe Bakterienarten Luftstickstoff aufzunehmen, namentlich der kokkenähnliche Azotobakter; und zweitens haben Hellriegel und Wilfarth ermittelt, daß in den Wurzelknöllchen der Leguminosen das bact. radicicola wuchert, das aus dem Luftstickstoff Aminosubstanzen herstellt, die wiederum von den Leguminosen zum Aufbau N-haltiger Stoffe verwendet werden.

IV. Temperatur des Bodens.

Das Verhalten der Bodentemperatur läßt sich entweder nach den für die Erwärmung des Bodens einflußreichen Momenten abschätzen oder durch direkte Messungen bestimmen.

Für die Erwärmung des Bodens kommt teils die Intensität und der Einfallswinkel der Sonnenstrahlung (Neigung des Terrains) in Betracht; teils eine Reihe von Bodeneigenschaften: das Absorptionsvermögen für Wärmestrahlen, das bei

dunklem Boden weit stärker ist als bei hellfarbigem; sodann die Wärmeleitung und die Wärmekapazität, die namentlich in feuchtem, feinkörnigem Boden zu höheren Werten führen; endlich die Verdunstung bzw. Kondensation von Wasserdampf, durch welche einer extremen Erwärmung und Abkühlung entgegengewirkt wird. Ein grobkörniger, dunkler, trockener Boden weist die höchsten Wärme- und niedrigsten Kältegrade auf; während feinkörniger, feuchter Boden sich nachhaltiger, aber nicht so hochgradig zu erwärmen vermag.

Die *Messung* lokaler Bodentemperaturen erfolgt dadurch, daß Eisenrohre (Gasrohr) bis zu verschiedener Tiefe in den Boden eingesenkt und in diese unter möglichstem Abschluß gegen die Außenluft unempfindlich gemachte Thermometer (deren Gefäß eine große Menge Hg enthält oder z. B. mit Kautschuk und Paraffin umhüllt ist) herabgelassen werden. — Zu fortgesetzten *exakten* Messungen dienen in die Erde eingefügte Gestelle von Holz oder Hartgummi, die nur da, wo die Thermometergefäße angebracht sind, von gut leitendem Material unterbrochen sind.

Aus den Beobachtungen geht hervor, daß, je mehr man sich von der Oberfläche nach der Tiefe hin entfernt, 1. die Exkursionen der Temperatur mehr und mehr verringert werden, 2. die Temperaturen sich zeitlich entsprechend verschieben, 3. die Schwankungen von kürzerer Dauer allmählich zum Schwinden kommen. — Schon in 0,5 m Tiefe kommt die Tagesschwankung fast gar nicht mehr zum Ausdruck; auch die Differenzen zwischen verschiedenen Tagen sind verwischt; die Exkursionen der Monatsmittel sind um mehrere Grade geringer; die Jahresschwankung beträgt nur noch etwa 10°. In 4 m Tiefe sinkt letztere bereits auf 4°, in 8 m Tiefe auf 1°. Zwischen 8 und 30 m Tiefe — verschieden je nach dem Jahresmittel der Oberfläche — stellt sich das *ganze Jahr* hindurch *die gleiche mittlere* Temperatur her und jede Schwankung fällt fort. Von da ab findet beim weiteren Vordringen in die Tiefe eine Zunahme der Temperatur statt infolge der Annäherung an den heißen Erdkern. Auf je 35 m steigt die Temperatur um etwa 1° (im Gotthard-

	Äußere Luft	Boden in			
		0.5 m Tiefe	1,0 m Tiefe	3,0 m Tiefe	6,0 m Tiefe
Januar	— 3,1°	+ 1,8°	+ 3,7°	+ 7,8°	+ 11,3°
Februar	— 0,3	2,0	4,2	7,2	10,5
März	+ 4,4	3,5	4,5	7,4	9,8
April	7,1	6,0	6,3	7,9	9,4
Mai	10,1	10,1	10,5	8,5	9,4
Juni	16,5	14,1	13,5	10,0	9,8
Juli	19,5	16,1	14,9	12,1	10,5
August	18,5	16,8	15,7	13,6	11,5
September	13,1	17,8	16,5	14,2	12,3
Oktober	10,7	13,7	14,4	13,2	12,8
November	5,1	8,2	10,2	11,7	12,6
Dezember	1,4	7,0	8,7	10,2	12,0

tunnel bis + 31 °). — Die vorstehende Tabelle gibt einen Überblick über die Bodentemperatur in den uns interessierenden Tiefen.

An der Boden o b e r f l ä c h e können bei kräftiger Insolation auch in unseren Breiten sehr hohe Temperaturen zustande kommen; so beträgt das Maximum, welches mit dem geschwärzten Vakuumthermometer beobachtet wurde, in Magdeburg im Mai + 44 °, im Juni + 47 °, im Juli + 54 °.

Die Bodentemperatur erhält ihre **hygienische Bedeutung** einmal durch ihren Einfluß auf das Ortsklima und auf die Wärmeverhältnisse der über dem Boden errichteten Wohnhäuser; ferner durch ihre Wirkung auf das Leben der Mikroorganismen. Das Verhalten der Temperatur allein ist ausreichend, um eine Wucherung z. B. von Cholera-, Typhusbazillen usw. im tieferen Boden auszuschließen. — In heißen Klimaten, bzw. im Sommer, werden an der äußersten Oberfläche die Temperaturen so hoch, daß dieselben eine Schwächung und Tötung von Mikroorganismen zu veranlassen imstande sind.

V. Die Bodenluft.

Die Poren des Bodens sind bald nur zum Teil, bald ganz mit Luft erfüllt. Diese Luft stellt gleichsam eine Fortsetzung der Atmosphäre dar und steht mit letzterer in stetem Verkehr. Die Bodenluft kann sich unter bestimmten Bedingungen über die Bodenoberfläche erheben und der atmosphärischen Luft beimengen; umgekehrt wird sie aus dieser ergänzt.

Ein **Ausströmen** der Bodenluft ist namentlich in folgenden Fällen denkbar: 1. wenn das Barometer sinkt und die Bodenluft dementsprechend sich ausdehnt; 2. wenn heftige Winde auf die Erdoberfläche drücken, während auf die von Häusern bedeckten Stellen dieser Druck nicht einwirkt; hierdurch muß ein Eindringen von Bodenluft i n d i e H ä u s e r stattfinden können; 3. in ähnlicher Weise wirken stärkere Niederschläge, welche auf der freien Erdoberfläche einen Teil der Poren mit Wasser füllen und dabei eine Spannung der Bodenluft veranlassen, die sich eventuell durch Abströmen in die Wohnhäuser ausgleicht; 4. als Folge von Temperaturdifferenzen. Besonders kann während der Heizperiode ein Überdruck seitens der kälteren Bodenluft und entsprechendes Einströmen in das erwärmte Haus beobachtet werden.

Direkte M e s s u n g e n (mit empfindlichen Manometern oder besser mit R e c k n a g e l s Differentialmanometer angestellt) ergeben indes, daß ein merkliches Einströmen von Bodenluft in die Wohnhäuser nur selten stattfindet. Sobald die Sohle des Hauses aus einigermaßen dichtem Material (Pflaster) besteht, sind die Widerstände für eine ausgiebigere Luftbewegung dort zu groß und der Ausgleich von Druckdifferenzen erfolgt

ausschließlich durch die gröberen Kommunikationen, welche zwischen Außenluft und Hausluft stets vorhanden zu sein pflegen. — Fehlt die Pflasterung der Kellersohle, so ist z. B. bei durchlässigem Boden ein Überdruck von 0,05 mm Wasser konstatiert, entsprechend einer Geschwindigkeit der Luftbewegung von 0,03 m pro Sekunde, bei heftigem Sturm ein Überdruck von 0,75 mm (= 0,1 m Geschwindigkeit).

Die **chemische** Analyse weist in der Bodenluft eine stete Sättigung mit Wasserdampf nach; eine große Menge von CO_2 (0,2—14 Prozent, im Durchschnitt 2—3 Prozent), abhängig teils von dem Grade der Verunreinigung, aber mehr noch von der Durchgängigkeit und Lüftung des Bodens; schließlich eine entsprechend geringere Menge O, der zur Bildung der CO_2 verbraucht war.

Mikroorganismen werden in der Bodenluft ausnahmslos vermißt. Nur von der äußersten Oberfläche werden durch heftige Winde zusammen mit Bodenpartikelchen Mikroorganismen losgerissen und als Staub in die Luft übergeführt; die aus dem Boden unterhalb der Oberfläche stammende Luft ist dagegen wegen ihrer überaus schwachen Bewegung niemals imstande, Mikroorganismen fortzuführen; und geschähe dies jemals, so müßten die Bakterien beim Durchstreichen der Luft durch die darüber liegende Bodenschicht völlig zurückgehalten werden, da schon dünne Erdschichten nachweislich ein dichtes Filter für Luftbakterien darstellen.

In die Wohnhäuser werden daher mit der Bodenluft niemals Bakterien eingeführt, und für eine hygienische Bedeutung der Bodenluft kommen nicht infektiöse Wirkungen, sondern höchstens übelriechende gasförmige Bestandteile in Betracht. Namentlich wenn die Kellerpflasterung fehlt, kann unter der Einwirkung der oben aufgezählten treibenden Kräfte ausnahmweise übelriechende CO_2-reiche Luft in die Wohnhäuser eindringen. — Außerdem ist neuerdings darauf hingewiesen, daß die Bodenluft in vielen Fällen als die wesentlichste Quelle der Beimengung von Radiumemanation zur Luft im Freien und zur Luft des Wohnhauses angesehen werden muß; auch die elektrische Leitfähigkeit der Luft wird infolgedessen durch die Bodenluft beeinflußt. Quantitative Messungen dieser Wirkungen der Bodenluft fehlen noch fast ganz und daher läßt sich über ihre hygienische Bedeutung nichts sagen.

VI. Verhalten des Wassers im Boden.

Im porösen Boden begegnen wir gewöhnlich in einer Tiefe von einigen Metern einer mächtigen Wasseransammlung, die als „Grund-

wasser" bezeichnet wird; die darüber gelegenen Schichten zeigen einen geringeren und wechselnden Wassergehalt. Beide Zonen erfordern eine gesonderte Betrachtung.

A. Das Grundwasser.

Bodenwasser oder Grundwasser nennt man jede ausgedehntere unterirdische Wasseransammlung, welche die Poren des Bodens völlig und dauernd ausfüllt. In einem durchlässigen Boden kann eine solche Ansammlung nur dadurch zustande kommen, daß in einer gewissen Tiefe undurchlässige Schichten, Felsen, Ton- oder Lehmlager, das Wasser tragen und am Tieferfließen hindern. Oft finden sich mehrere Etagen von undurchlässigen Schichten und darauf gelagertem Grundwasser übereinander, die dann an einzelnen Stellen kommunizieren; manchmal haben die Ton- und Lehmlager nur geringere Ausdehnung, bilden kleine Inseln, auf welchen sich eine geringe und nicht konstante Wasseransammlung etabliert (sogenanntes „Schicht-" oder „Sickerwasser").

Das Grundwasser paßt sich im ganzen der Oberfläche der tragenden undurchlässigen Schicht an, ohne daß jedoch kleinere Erhebungen und Senkungen die Gestalt des Grundwasserniveaus beeinflussen. Die Bodenoberfläche dagegen zeigt oft starke Abweichungen vom Verlauf sowohl der undurchlässigen Schicht wie des Grundwasserspiegels (vgl. das Profil S. 106).

Die **Quellen** des Grundwassers sind 1. die Niederschläge oder richtiger derjenige Bruchteil der Niederschläge, welcher bis zum Grundwasser gelangt, also nicht oberflächlich abfließt und auch nicht nach dem Eindringen in den Boden wieder verdunstet. Der das Grundwasser speisende Anteil der Niederschläge ist verschieden groß nach der Neigung des Terrains, der Durchlässigkeit und Temperatur des Bodens und der austrocknenden Kraft der Luft; ferner ist auch die Art des Regenfalles von Belang. 2. Kondensation von atmosphärischem Wasserdampf; am stärksten, wenn die Außenluft wärmer ist als der Boden und relativ viel Feuchtigkeit enthält, also in den Monaten April bis September. 3. Zuströmung von Grundwasser von anderen Orten. Wenn die undurchlässige Schicht und dementsprechend das Niveau des Grundwassers stärkere Neigung zeigt, und wenn gleichzeitig der Boden leicht durchlässig ist, kommt eine deutliche horizontale Fortbewegung des Grundwassers zustande, die den Grundwasserstand an tieferen Punkten wesentlich beeinflussen kann. Bei dichteren Bodenarten und geringen Niveaudifferenzen fehlt eine solche Bewegung, und die Grundwassermasse kann als stagnierend angesehen werden. 4. Flüsse. Meist liegt das Grundwasser tiefer als das Flußbett, und man wird dann leicht zu der Annahme geführt, daß Wasser aus dem Fluß oder Bach in

das Grundwasser übertreten müsse. Dennoch ist dies vielfach nicht der Fall. Die Betten der Flußläufe sind oft durch allmähliche Ablagerung lehmiger oder toniger Massen vollkommen wasserdicht geworden, so daß selbst bei starken Niveaudifferenzen kein Durchtritt von Wasser stattfindet. Werden unmittelbar neben einem solchen Flußbett Brunnenschächte in das Grundwasser gegraben, so läßt sich durch die Resultate der chemischen Untersuchung, z. B. durch das Gleichbleiben des Härtegrades, oder noch leichter und genauer durch vergleichende Temperaturbeobachtungen, feststellen, daß kein Wasser von dem höher liegenden Flusse in das Grundwasser dringt. Fehlen aber verschlammende Bestandteile im Flusse und besteht das Bett aus lockerem Sand, dann erfolgt eine Speisung des Grundwassers vom Flusse aus. In besonders hohem Grade kann dies stattfinden, wenn der Fluß abnorm hohes Wasser führt bzw. künstlich gestaut ist oder gar anstoßendes Gelände überschwemmt.

Unter und neben dem Flußlauf zieht der breite Grundwasserstrom der Niederung zu; hier und da tritt das Grundwasser in Form von Seen und Sümpfen zutage; allmählich, bei größerer Annäherung ans Meer, durchdringt es die oberen Bodenschichten und kommt in den Marschen an die Oberfläche. Langsam, aber in ungeheurer Masse vollzieht sich diese unterirdische Wasserbewegung; in dichterem Boden fehlt die regelmäßige Bewegung ganz, und nur künstliche Senkung des Wasserspiegels erzeugt eine nach der Stelle der Senkung gerichtete Strömung. Zuweilen wird der natürliche Abfluß gehemmt durch das Anschwellen der Flüsse, welche das ganze Tal ausfüllen, und es kommt zu einem Aufstau des Grundwassers.

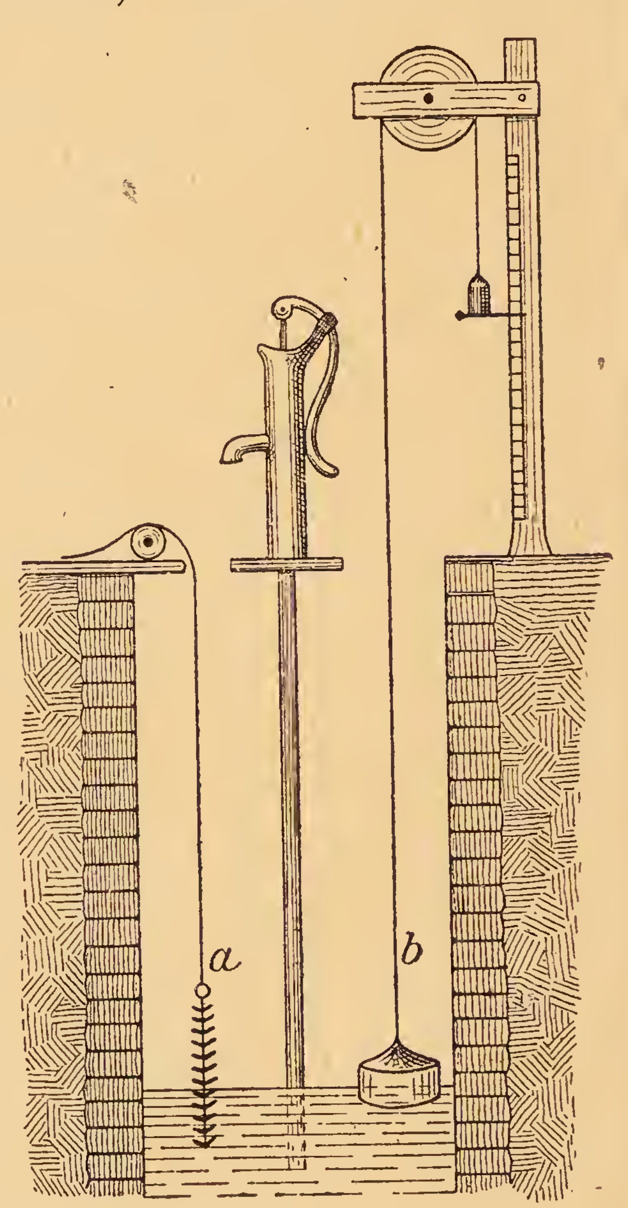


Fig. 6. Grundwassermessung.
Schematischer Durchschnitt durch einen Grundwasserbrunnen. Bei *a* Messung mit PETTENKOFERs Schälchenapparat; bei *b* Schwimmer mit oben abzulesendem Zeiger.

Von besonderem Interesse sind die **zeitlichen Schwankungen** des Grundwasserniveaus, die man dadurch mißt, daß man den Abstand der Grundwasseroberfläche von der Bodenfläche ermittelt.

Die Messung wird gewöhnlich an Schachtbrunnen ausgeführt, die bis ins Grundwasser reichen; die Bohlenbedeckung des Schachtes wird abgehoben und ein Metermaß, an dessen Ende sich ein Schwimmer oder ein sogenannter Schalenapparat befindet (eventuell auch eine mit Kreide bestrichene Holzleiste), herabgelassen; zu messen ist der Abstand zwischen oberer Kante der Brunnenvierung (lokaler Fixpunkt) und der Wasseroberfläche. Bei dichtem Boden darf mehrere Stunden vor der Messung nicht an dem Brunnen gepumpt werden; besser werden besondere eiserne Standrohre benutzt.

Man beobachtet an ein- und derselben Station erhebliche zeitliche Schwankungen; einmal den höchsten und niedrigsten Stand, der im Laufe der Jahre erreicht wird; das Maximum ist uns wichtig für die Fundamentierung unserer Häuser, die womöglich nicht unter dieses Maximum herabreichen soll, und für Anlage von Friedhöfen und Abwässerreinigungen; und das Minimum da, wo man den Wasserbedarf aus Brunnen bezieht. Zweitens beobachtet man die Schwankungen innerhalb des Jahres und der Jahreszeiten; und dieser Messung kommt ein Interesse zu, weil sie uns Aufschluß gibt über gewisse gleich zu besprechende Zustände der obersten Bodenschichten.

In der norddeutschen Ebene verhalten sich die Schwankungen des Grundwassers im ganzen so, daß auf den April das Maximum, auf den September oder Oktober das Minimum fällt. Das liegt nicht etwa wesentlich an der Regenverteilung, sondern wie aus der untenstehenden Tabelle ersichtlich ist, an dem Sättigungsdefizit der Luft und der hohen

	Berlin			München		
	Niederschläge in mm	Sättigungsdefizit in mm	Grundwasser in cm über einem lokalen Fixpunkt 32 m über Meeresniveau	Niederschläge in mm	Sättigungsdefizit in mm	Grundwasser in cm über einem lokalen Fixpunkt 515 m über Meeresniveau
Januar	40,3	0,71	42	53,3	0,15	55
Februar	34,8	0,91	79	29,6	0,41	55
März	46,6	1,55	88	48,5	0,81	60
April	32,1	2,73	96	55,6	1,78	64
Mai	39,8	3,95	88	95,1	2,34	67
Juni	62,2	5,13	69	111,9	3,00	72
Juli	66,2	5,64	56	108,8	3,34	73
August	60,2	4,83	45	104,4	3,13	72
September	40,8	3,77	40	68,1	1,98	63
Oktober	57,5	1,72	38	53,1	0,93	54
November	44,5	1,01	47	50,0	0,39	49
Dezember	46,2	0,59	50	42,9	0,20	51

Bodentemperatur, welche im Sommer allen Regen zum Verdunsten bringen und nur den Winter- und Frühjahrsniederschlag in den Boden

eindringen lassen. — Anders ist es z. B. in München; dort fällt vorherrschend Sommerregen in verhältnismäßig sehr großen Massen und ebendort ist zur selben Zeit das Sättigungsdefizit erheblich geringer. Offenbar dringt denn auch in München der Sommerregen bis zum Grundwasser durch und bewirkt dort einen wesentlich anderen Typus der Grundwasserbewegung, nämlich Hochstand im Juni bis August, tiefsten Stand im November bis Dezember. Allerdings wirkt hierbei noch ein wesentlicher Faktor — die Durchlässigkeit des Bodens — mit, dessen Einfluß unten zu erörtern ist.

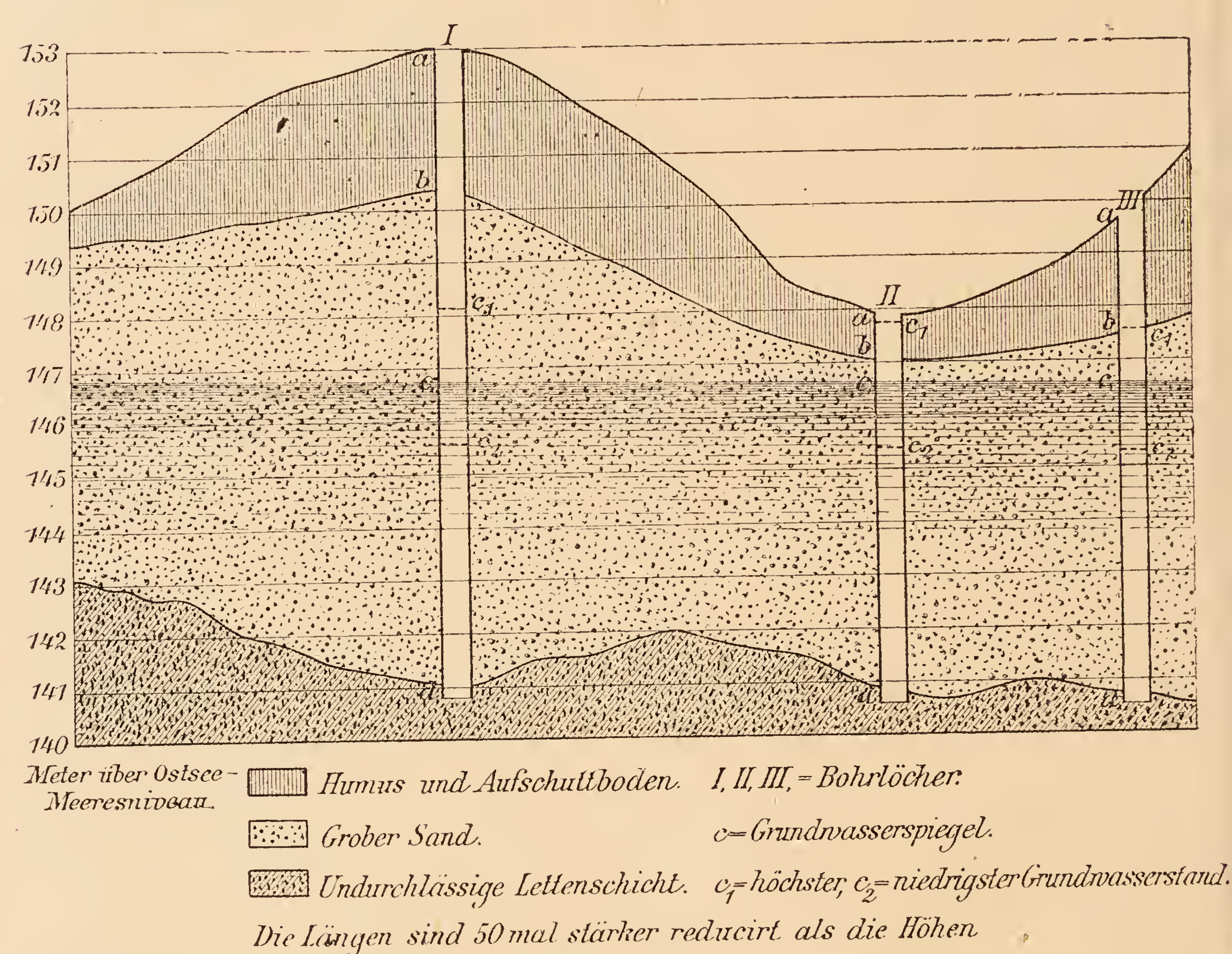


Fig. 7. Bodenprofil.

Beim Studium der Untergrundverhältnisse einer Stadt muß man versuchen, eine Vorstellung von der Gestalt der Grundwasseroberfläche und der wasserführenden Bodenschichten zu bekommen. Um die Verschiedenheiten der lokalen Fixpunkte infolge der Unebenheiten der Bodenoberfläche auszugleichen, muß man die lokalen Fixpunkte der einzelnen Bohrlöcher auf einen gemeinsamen oberen oder unteren Fixpunkt beziehen.

Die Darstellung der Resultate erfolgt am besten durch Profile ähnlich der vorstehenden schematischen Zeichnung (Fig. 7). In gewissem Abstand werden Bohrlöcher in den Boden getrieben und deren horizontaler Abstand und Höhenlage über dem allgemeinen Nullpunkt auf der Zeichnung markiert. Der beim Bohren ausgehobene Boden wird beobachtet und gesammelt; sobald Proben neuer

Schichten (von anderer Korngröße, Farbe usw.) herausgefördert werden, wird die Tiefe des Bohrloches gemessen und auf dem Profil die Höhenlage des Beginnes der neuen Schicht über dem allgemeinen Nullpunkt eingezeichnet. Verbindet man dann auf dem Profil diejenigen Punkte der Bohrlöcher, an welchen die Beschaffenheit des Bodens wechselt, so erhält man ein Bild der Neigung der einzelnen Bodenschichten und insbesondere auch der undurchlässigen Schicht. — Bei der Zeichnung der Profile müssen indes die Längen in viel (50fach und mehr) stärkerem Maße reduziert werden als die Höhen; bei gleichmäßiger Reduktion würden die Höhendifferenzen kaum sichtbar ausfallen. — Auch Karten, auf denen Isohypsen (d. h. Horizontale, welche die Punkte gleicher Erhebung über dem Nullpunkt miteinander verbinden) der Bodenoberfläche, des Grundwasserniveaus und der Oberfläche der undurchlässigen Schicht eingetragen sind, geben anschauliche Bilder von den Verhältnissen des Untergrundes.

Die Richtung und die Schnelligkeit der Grundwasserbewegung wird dadurch gemessen, daß man an einer Reihe von umliegenden Brunnen die Zeit des Eintritts von Niveauveränderungen beobachtet, während an einem Brunnen durch ausgiebiges Pumpen eine starke Depression des Niveaus hergestellt wird; oder dadurch, daß man feststellt, wie lange Zeit die durch Hochwasser eines Flusses erzeugte Flutwelle gebraucht, um sich zu verschiedenen Stationen der Grundwasserbeobachtung fortzupflanzen; eventuell auch durch die unten zur Prüfung der Grundwasserbrunnen auf Kommunikationen angegebenen Methoden. — Es hat sich bei diesen Messungen herausgestellt, daß die Fortbewegung sehr verschieden ist je nach der Bodendurchlässigkeit und der Neigung der undurchlässigen Schicht; unter allen Umständen aber außerordentlich langsam. Die bisher gefundenen Werte betragen 3—8—35 m pro 24 Stunden, im Mittel nur etwa 25 cm pro Stunde.

B. Das Wasser der oberen Bodenschichten.

In den über dem Grundwasser gelegenen Bodenschichten unterscheiden wir 3 Zonen (Hofmann):

1. Die Verdunstungszone, die von der Oberfläche soweit herabreicht, wie sich noch eine austrocknende Wirkung der atmospärischen Luft bemerkbar macht, und wo also der Wassergehalt eventuell unter die kleinste Wasserkapazität des Bodens sinken kann. Hat in dieser Zone einmal stärkere Austrocknung bis zu gewisser Tiefe stattgefunden, so ist diese imstande, sehr große Wassermengen zurückzuhalten. Dichter Boden faßt pro 1 qm bis zu 25 cm Tiefe 40—50 Liter Wasser (vgl. S. 96), da aber ein Regenfall von 10 mm Höhe nur 10 Liter Wasser auf 1 qm liefert, so können mehrfache starke Niederschläge vollauf in den Poren dieser Zone Platz finden. Je nachdem der Boden mehr oder weniger feine Poren enthält, wird natürlich die zurückgehaltene Regenmenge verschieden groß sein; in einigermaßen feinporigem Boden ist aber im Sommer unseres

Klimas die Austrocknung immer so bedeutend, daß dann gar nichts, weder von Regen noch von verunreinigenden Flüssigkeiten in die Tiefe eindringt, sondern daß alles in der oberflächlichen, wie ein trockener Schwamm wirkenden Zone zurückbleibt. — Rasche Sättigung der Verdunstungszone kann durch Überschwemmungswasser eintreten.

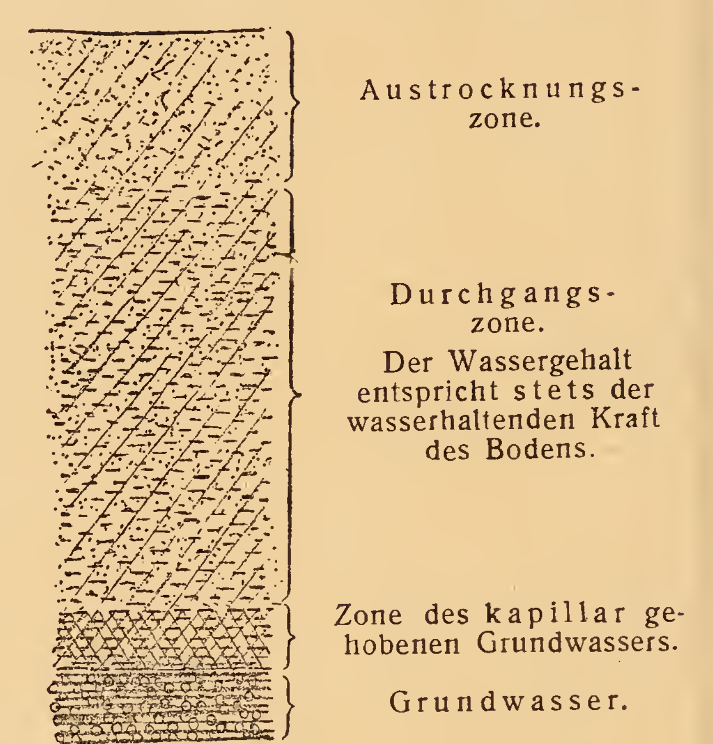


Fig 8. Wassergehalt der oberen Bodenschichten.

2. Unterhalb der Verdunstungszone folgt eine Schicht, die von der austrocknenden Wirkung der Luft nicht mehr erreicht wird, in der aber andererseits keine vollständige Füllung der Poren mit Wasser bestehen kann, weil die den Ablauf hemmende, undurchlässige Schicht noch zu weit entfernt ist. In dieser „Durchgangszone" muß also stets so viel Wasser in den Poren vorhanden sein, wie der wasserhaltenden Kraft des Bodens entspricht. Bei feinporigem Boden repräsentiert dies immerhin eine sehr bedeutende Wassermenge, im Mittel verschiedener direkter Bestimmungen 150—350 Liter in 1 cbm Boden. Es ist leicht zu berechnen, daß in einer 1—2 m hohen Schicht solchen Bodens die Niederschläge eines ganzen Jahres haften bleiben. Bei einiger Ausdehnung der Durchgangszone stellt dieselbe also ein enorm großes Wasserreservoir dar.

3. Zwischen Durchgangszone und Grundwasser befindet sich die Zone des durch Kapillarität gehobenen Wassers. Je nach der Porengröße der über dem Grundwasser liegenden Schicht wird letzteres wenige Zentimeter bis eventuell 1 m und mehr gehoben und füllt dann fast sämtliche Poren des Bodens.

Der Durchtritt von irgendwelchen Flüssigkeiten, Niederschlägen, verunreinigenden Abwässern usw. zum Grundwasser erfolgt durch die genannten 3 Zonen in wesentlich verschiedener Weise, je nachdem grob- oder feinporiger Boden vorliegt.

In grobporigem Kiesboden sind breite, zugängliche Wege vorhanden; in diesen findet ein rasches Fortbewegen aller Flüssigkeiten in jeder Jahreszeit statt. Auch im Sommer gelangen die Niederschläge rasch zum Grundwasser. Verunreinigungen werden durch stärkere Niederschläge schnell in die Tiefe gespült. Nur in den feineren Porenanteilen (Seitenstraßen) können Verunreinigungen längere Zeit haften bleiben.

In feinporigem Boden fehlt es an den breiteren Straßen; es kommt in den vorhandenen engen Wegen nur zu einem langsamen Fortrücken Schicht um Schicht, so daß die unten ans Grundwasser reichende Wasserzone von der oberen in bezug auf ihr chemisches und bakteriologisches Verhalten total verschieden sein kann. Ist die Durchgangszone stark entwickelt, so muß es enorm lange, 1—3 Jahre und mehr dauern, bis die auf die Oberfläche des Bodens gelangenen Niederschläge das Grundwasser erreichen. Ebenso werden alle Verunreinigungen nur ganz langsam tiefer gespült und dringen vielleicht erst nach Jahren bis zum Grundwasser vor. — Nur in Überschwemmungsgebieten kann gelegentlich unter dem Druck der überlagernden Wasserschichten ein schnelleres Vorrücken des Wassers der Durchgangszone erfolgen.

Unter den Häusern und unter gepflastertem Boden, wo keine neuen Flüssigkeiten in den Boden gelangen, stagniert die ganze im Boden enthaltene Wassermasse und ein Weiterrücken der Niederschläge oder der Verunreinigungen findet überhaupt nicht mehr statt.

Über den jeweiligen Feuchtigkeits- und Reinlichkeitszustand der oberen Bodenschichten bekommen wir eine gewisse Auskunft durch die zeitlichen Schwankungen des Grundwasserspiegels. Sinkt derselbe, so wird dadurch angezeigt, daß tiefer spülende Zuflüsse von oben spärlicher geworden sind oder aufgehört haben; dies kann — abgesehen von lokaler Änderung der Bodenfläche, Pflasterung usw. — vorzugsweise dadurch bewirkt sein, daß sich oben eine größere trockene Zone gebildet hat, in welcher von da ab alle Niederschläge und ebenso alle Verunreinigungen, Abfallstoffe usw. verbleiben. Steigen des Grundwassers erfolgt dagegen erst dann, wenn die trockene Zone wieder entsprechend der kleinsten Wasserkapazität mit Wasser gesättigt ist und nunmehr ein Vorrücken der ganzen Wassermasse und Tieferspülen der Verunreinigungen stattfinden kann.

Der verschiedene Gang der Grundwasserbewegung in dem feinporigen Berliner Boden einerseits, in dem grobporigen Münchener Boden andererseits wird hierdurch erst völlig verständlich. (Vgl. Tab. S. 105.) In Berlin finden die Niederschläge des Winters keine ausgetrocknete Bodenschicht vor; diese ist vielmehr mit Wasser gesättigt, der Boden kalt. Kommt es einmal zum Aufhören der Niederschläge, so stellt sich doch höchstens eine ganz geringfügige trockene Zone her. Ehe nur der Grundwasserspiegel durch die fortlaufende Wasserentnahme und den fehlenden Zufluß sinken kann, kommen neue Niederschläge, die sofort die Kontinuität der Wassermassen wieder herstellen. Dann aber treten die hohen Temperaturen und das starke Sättigungsdefizit des Mai und Juni in Aktion. Setzen jetzt die Niederschläge eine Zeitlang aus, so ist sofort eine beträchtliche Austrocknungszone da, die nicht mehr — oder nur in Ausnahmefällen — wieder von den nächsten Niederschlägen ausgefüllt werden kann. Dann sinkt das Grundwasser und damit ist der Verbleib aller auf die Bodenoberfläche gelangenden

Flüssigkeit in der obersten Zone angezeigt. Erst nach dem Eintritt niederer Temperatur und höherer Feuchtigkeit sind anhaltende Niederschläge imstande, die starke Schicht trockenen Bodens ausreichend zu füllen.

In München vermag der grobporige Boden viel weniger Wasser zu halten und eine trockene Zone hat daher einen viel geringeren Effekt. Zu einem längeren Aufhören aller Zuflüsse zum Grundwasser kommt es kaum. Namentlich aber dringt im Sommer von den massenhaft niedergehenden Niederschlägen ein großer Teil zum Grundwasser durch; eine trockene Zone stellt sich in dieser Zeit immer nur vorübergehend her; alle Verunreinigungen werden kräftig in die Tiefe gespült. Erst im Herbst, wenn die Niederschläge nachlassen, kommt es zu länger dauernder Trockenheit des oberflächlichen Bodens, zum Verbleib der Verunreinigungen in der obersten Schicht und zum Sinken des Grundwassers. Diese Periode dauert aber viel kürzer und das Absinken des Grundwassers ist erheblich geringer, als im feinporigen Boden; bereits im Dezember beginnt wieder eine Durchfeuchtung des Bodens und ein Ansteigen des Grundwassers, das bis zum August anhält.

Übrigens haben die geschilderten Verhältnisse nur Geltung für eine gewisse durchschnittliche Beschaffenheit des natürlichen Bodens. Feinporiger, lehmartiger Boden kann durch Bearbeitung (z. B. auf Äckern, Rieselfeldern) künstlich gelockert werden, so daß sich gröbere Spalten und Risse bilden, durch welche ein Teil der Flüssigkeiten rasch in größere Tiefen gelangt. Auch durch Pflanzenwurzeln, durch Ratten, Maulwürfe, Regenwürmer können abnorme Wege für die Beförderung von Flüssigkeiten im Boden geschaffen werden.

Hygienische Bedeutung des Grundwassers. Während ein zu großer Abstand des Grundwassers von der Bodenoberfläche nur die Beschaffung von Trink- und Nutzwasser erschwert, hat ein zu geringer Abstand erheblichere Nachteile im Gefolge. Hält sich das Grundwasser während eines größeren Teils des Jahres nahe der Bodenoberfläche, so entsteht feuchter Boden mit allen seinen Nachteilen, Kälte und Feuchtigkeit, die längeren Aufenthalt im Freien unmöglich machen, Mückenplage, Malariagefahr usw.; rückt das Grundwasser nur vorübergehend nahe an die Bodenoberfläche heran, so sind die Fundamente der Häuser gefährdet, es dringt in die Keller, macht diese unbenutzbar und hinterläßt noch lange nach dem Absinken eine abnorme Feuchtigkeit der Wandungen. — Teils durch Drainierung und Kanalisierung, teils durch Aufschüttung kann diesem Einfluß begegnet werden (s. Kap. „Wohnung").

Die zeitlichen Schwankungen des Grundwasserniveaus haben dadurch Bedeutung, daß sie uns in der oben erörterten Weise für den Feuchtigkeitszustand und für die Verunreinigung der obersten Bodenschichten einen Maßstab liefern.

VII. Das Verhalten der Mikroorganismen, besonders der krankheiterregenden Bakterien im Boden.

Die Untersuchung des Bodens auf Bakterien erfolgt in der Weise, daß man mit einem kleinen Platinlöffel, der etwa $^1/_{50}$ ccm faßt, eine Probe aussticht und auf Gelatine und Agarplatten verteilt. Sehr wichtig ist es, die Untersuchung unmittelbar nach der Probenahme vorzunehmen, da bei der höheren Temperatur des Laboratoriums und nach Luftzutritt sehr rasche, meist kolossale nachträgliche Vermehrung der Bakterien eintritt. — Aus tieferen Schichten entnimmt man Proben mittels eines besonderen Bohrers, der erst in der gewünschten Tiefe geöffnet und vor dem Herausziehen wieder geschlossen werden kann.

Zahl und Verteilung der Bodenbakterien. Die angestellten Untersuchungen haben gezeigt, daß der Boden das wesentlichste Reservoir der Mikroorganismen darstellt. Die Quelle dieser Bakterien sind vorzugsweise die Verunreinigungen der Bodenoberfläche, die Abfallstoffe des Haushalts, die Düngstoffe der Gärten und Äcker usw.; Gruben und Kanäle lassen, wenn sie undicht werden, die bakterienreichen Flüssigkeiten gleich in einer Tiefe von 1 m und mehr in den Boden übertreten. Bei direkten Untersuchungen hat man im Durchschnitt selbst im sogenannten jungfräulichen, unbebauten Boden etwa 100 000 Keime in 1 ccm Boden, oft noch erheblich mehr gefunden. Ferner ist ermittelt, daß weitaus die größte Zahl dieser Mikroorganismen an der Oberfläche und in den oberflächlichsten Schichten enthalten ist. Nach der Tiefe zu nimmt die Zahl der Bakterien allmählich ab, und in 1 bis 3 m beginnt meist eine geradezu bakterienfreie Zone. Auch die Partien, in welchen das Grundwasser steht, werden für gewöhnlich frei von Bakterien gefunden. — Der Grund für die Keimfreiheit der tieferen Schichten liegt darin, daß im feinporigen Boden die Bakterien teils adsorbiert, teils mechanisch abfiltriert werden, nachdem sie durch Sedimentierung eine schleimige Schicht gebildet haben, und zwar in der ersten Schicht der „Durchgangszone", wo der störende Wechsel der Durchfeuchtung fehlt. Ausnahmsweise kann es indes auch zu einem Bakteriengehalt tieferer Bodenschichten kommen, namentlich wenn in sehr durchlässigem oder künstlich aufgelockertem Boden ein rascher Durchtritt größerer Wassermassen (Überschwemmungswasser) erfolgt; ferner, wenn gröbere Spalten (in zerklüftetem Felsboden, zusammengetrocknetem Lehmboden), oder Ratten- und Maulwurfsgänge Flüssigkeiten unfiltriert nach abwärts gelangen lassen. — Weitere Wege können Bakterien in horizontaler Richtung im Boden zurücklegen, wenn sie gleich in gewisser Tiefe dem in Kiesschichten sich bewegenden Grundwasser beigemengt werden. Es konnte unter solchen Verhältnissen ein Transport bis zu 100 m und mehr beobachtet werden.

Qualität der Bodenbakterien. Wie S. 98 ausgeführt wurde, herrschen die Bakterienarten vor, welche lebhafte Oxydationen hervorrufen und bei der Nitrifikation und Kohlensäurebildung im Boden beteiligt sind. In den oberflächlichsten Schichten finden sich viel Sporen der beteiligten Fäulnis- und Gärungserreger; ferner enorm resistente Dauersporen, die selbst nach 4—5stündigem Erhitzen in strömendem Dampf noch keimfähig bleiben; in tiefern Schichten scheint es an Sporen meist zu fehlen.

Von pathogenen Bakterien sind vor allem die anaëroben Wundinfektionserreger, Tetanusbazillen, Gasödem- und Gasbrandbazillen zu nennen, die zusammen mit anaëroben Gärungserregern im Darm von Pflanzenfressern wuchern und mit deren Exkrementen in Form von Dünger in den beackerten Boden gelangen. Sie können hier weiter wuchern, so lange anaërobe Bedingungen herrschen; aber vor allem halten sie sich im Boden in Sporenform sehr lange lebensfähig, so daß von einem Boden um so kleinere Dosen genügen, um bei Versuchstieren Wundinfektion hervorzurufen, je länger und intensiver er gedüngt ist. Mit ungedüngter Erde kommt niemals Infektion zustande. Näheres s. Kap. X. — Ähnlich verhält es sich mit dem nur für Tiere, namentlich Rinder, pathogenen Rauschbrandbazillus. — Nur in den oberflächlichen Bodenschichten und bei Luftzutritt kann ferner der Milzbrandbazillus wuchern bzw. in haltbare Sporenform übergehen.

Früher hatte man ferner die Vorstellung, daß die Erreger der Malaria im feuchten Boden wuchern; bis sich herausstellte, daß nur die Zwischenwirte, Anophelesmücken, an bestimmte Bodenverhältnisse gebunden sind und also eine ähnliche Rolle spielen wie die Stegomyia-Mücken beim Gelbfieber, gewisse Culexmücken beim Denguefieber usw. (s. Kap. X).

Außerdem aber haben einige Forscher (v. Pettenkofer) die Ansicht vertreten, daß die Erreger menschlicher infektiöser Darmkrankheiten, namentlich des Typhus, der Cholera und der Ruhr, in tieferen, dem Grundwasser nahen Bodenschichten eine für ihre Infektionstüchtigkeit notwendige Entwicklung durchmachen und sich wesentlich von da aus verbreiten. Diese Ansicht kann heute nicht mehr aufrecht erhalten, sondern muß den neueren Befunden in folgender Weise angepaßt werden:

Die betreffenden Bakterienarten können höchstens an der Oberfläche des Bodens in den Abfallflüssigkeiten selbst, wenn noch wenige saprophytische Konkurrenten vorhanden sind, und so lange hohe Temperatur mitwirkt, wuchern; während im tieferen Boden die Bedingungen für solche Bakterienarten ausnahmslos zu ungünstig liegen. — Dagegen können sie anscheinend im Boden sich ziemlich lange halten, ähnlich wie bei sporenbildenden Bakterien im Boden die Sporenbildung befördert wird. Aber ein Austritt der gelegentlich in tiefere Bodenschichten

gelangten Bakterien an die Oberfläche und eine Verbreitung durch Luft, Wasser u. dgl. findet für gewöhnlich nicht statt. Wie oben begründet wurde, ist namentlich die Bodenluft niemals imstande, Keime in die Außenluft mitzuführen. Auch das Grundwasser ist erwiesenermaßen meist bakterienfrei und kann nur ausnahmsweise, wenn gröbere Kommunikationswege vorliegen, Bodenbakterien mit dem Menschen in Berührung bringen. Zuweilen kann auch vielleicht ein Transportweg gegeben sein durch Tiere, welche aus tieferen Schichten Bodenpartikel an die Oberfläche tragen (Maulwürfe, Regenwürmer); oder dadurch, daß der Boden aufgegraben und tiefere Schichten zutage gefördert werden.

Einigermaßen Aussichten für eine Weiterverbreitung der Bakterien bietet nur die oberflächlichste Schicht des Bodens. Von hier aus kann sie zustande kommen: 1. durch staubaufwirbelnde Winde; 2. durch Nahrungsmittel, die in der Erde wachsen (Kartoffeln, Gartengemüse usw.); 3. durch Schuhzeug und Gerätschaften der Menschen, welche den verunreinigten Boden betreten oder denselben bearbeiten, sowie durch Haustiere und Ungeziefer.

Ein bestimmte Phase wird besonders geeignet sein zur Verbreitung von Keimen von der Bodenoberfläche aus: die, wo eine trockene Zone an der Oberfläche besteht und interkurrierende Niederschläge höchstens einige Millimeter tief eindringen, so daß alle Bodenverunreinigungen in der oberflächlichsten Schicht verbleiben. In dieser Zeit bestehen für Verschleppungen aller Art entschieden größere Aussichten, als wenn der Boden durchfeuchtet ist und auftreffende Niederschläge die Verunreinigungen abschwemmen oder in eine Tiefe spülen, welche sie dem Verkehr entzieht.

Somit wird eine gewisse zeitliche Steigerung der Infektionsgefahr zur Zeit des tiefsten Grundwasserstandes bei solchen Krankheiten eintreten können, deren Erreger in den Dejektionen ausgeschieden werden und mit diesen auf den Boden gelangen (z. B. Typhus).

Indessen bildet der Boden außerhalb der Wohnstätte immer nur ein selten in Betracht kommendes Zwischenglied. Das infektiöse Material ist stets viel reichlicher in der Nähe des Kranken und innerhalb der Wohnstätte vorhanden. Dort ist für gewöhnlich die beste Gelegenheit zur Infektion gegeben. Nur in geringem Umfang wird das gefährliche Material von den oberflächlichen Schichten des Bodens aus auf den oben bezeichneten Wegen wieder in den Bereich der Menschen gelangen. Die zeitliche Steigerung der Infektionschancen beim Sinken des Grundwassers wird sich daher nur bei einem kleinen Bruchteil der Erkrankungen, nicht etwa bei der großen Masse derselben, bemerkbar machen (vgl. Kap. X).

Eine Verhütung dieser Infektionsgefahr vom Boden aus ist am vollständigsten dadurch erreichbar, daß Straßen, Höfe und Sohlen der Häuser gepflastert, asphaltiert oder zementiert werden. Ferner ist es erforderlich, die Oberfläche einer häufigen Reinigung, die durch passendes Gefäll und gute unterirdische Ableitung unterstützt wird, zu unterziehen und so oberflächliche Ansammlungen von Abfallstoffen zu verhüten. Acker- und Gartenland in der näheren Umgebung einer Ortschaft ist bei drohenden Epidemien von denjenigen Abgängen des menschlichen Haushaltes, welche die Erreger der Krankheit enthalten können, nach Möglichkeit frei zu halten. Beim Genuß von ungekochten Nahrungsmitteln aus solchem Boden ist besondere Vorsicht anzuraten.

Literatur: Soyka, Der Boden, Abteilung aus v. Pettenkofers und v. Ziemssens Handb. d. Hygiene, Leipzig 1887. — Gärtner, Hygiene des Bodens, Weyls Handb. d. Hyg. 2. Aufl. 1919. — Flügge, Beiträge zur Hygiene, 1879. — Hofmann, Arch. f. Hyg., Bd. 1. — Fränkel, Untersuchungen über das Vorkommen von Mikroorganismen in verschiedenen Bodenschichten, Zeitschr. f. Hyg., Bd. 2. — ebenda, Bd. 6. — Vgl. ferner die von verschiedenen städtischen Verwaltungen (München, Berlin, Frankfurt usw.) herausgegebenen Berichte über die Vorarbeiten zur Kanalisation und Wasserversorgung.

Viertes Kapitel.

Das Wasser.

Im folgenden ist zunächst die allgemeine Beschaffenheit der natürlichen, zur Deckung des Wasserbedarfs in Betracht kommenden Wässer besprochen; zweitens sind die hygienischen Anforderungen an ein Wasser präzisiert; drittens ist erörtert, in welcher Weise sich ein Urteil darüber gewinnen läßt, ob ein Wasser diesen Anforderungen entspricht; und schließlich ist die Ausführung der Wasserversorgung geschildert.

A. Allgemeine Beschaffenheit der natürlichen Wässer.

Die Deckung des Wasserbedarfs des Menschen erfolgt aus den natürlichen Wasservorräten, welche in Form von Meteorwasser, von Grundwasser, von Quellwasser, von Fluß- und Seewasser sich vorfinden.

Meteorwasser führt aus der Luft salpetrige Säure und Ammoniak, ferner Mikroorganismen; aus den Sammelbehältern gewöhnlich organische Stoffe und ebenfalls Mikroorganismen mit sich. In dem gesammelten Wasser kann sich Fäulnis entwickeln, außerdem ist es fade von Geschmack; es ist daher nicht ohne gewisse unten geschilderte Vorsichtsmaßregeln zu verwenden.

Grundwasser rekrutiert sich ebenfalls vorzugsweise aus den Niederschlägen. Diese nehmen von der Bodenoberfläche große Mengen gelöste und suspendierte Stoffe auf und die Qualität des Wassers wird zunächst schlechter. Dann aber findet beim Durchgange durch den Boden eine Veredelung des Wassers statt; suspendierte und gelöste Stoffe werden teils zurückgehalten, teils mineralisiert; außerdem bewirkt die aus der Bodenluft in das Wasser übergehende Kohlensäure eine partielle Lösung von Bodenbestandteilen, die für den Geschmack von Belang sind, Kalziumkarbonat, Magnesiumkarbonat, Kieselsäure u. a. m., gehen in das Wasser über; endlich wird die Temperatur des Wassers auf eine gleichmäßige, für den Genuß angenehme Höhe gebracht (vgl. künstliches Grundwasser, S. 144).

Besonders starken Verunreinigungen ist das Grundwasser im städtischen Boden ausgesetzt durch Harn und Fäzes von Menschen und Tieren, pflanzliche und tierische Abfälle aus Küche und Haus. Von chemischen Körpern sind in diesen Abfallstoffen vorzugsweise ent-

halten: Harnstoff, Hippursäure, Kochsalz, Natriumphosphat, Kaliumsulfat, Kalk- und Magnesiaverbindungen; ferner die verschiedensten Produkte der Fäulnis von Eiweißkörpern (Amine, Fettsäuren, Indol, Skatol, Ptomaine), und der Zersetzung von Fetten (Fettsäuren) und Kohlehydraten (Huminsubstanzen). Daneben enthalten die Abfallstoffe unzählige saprophytische und gelegentlich auch pathogene Bakterien.

Die chemischen Substanzen und die Bakterien gelangen auf zwei sehr wohl auseinander zu haltenden Wegen in das Wasser (s. Fig. 9).

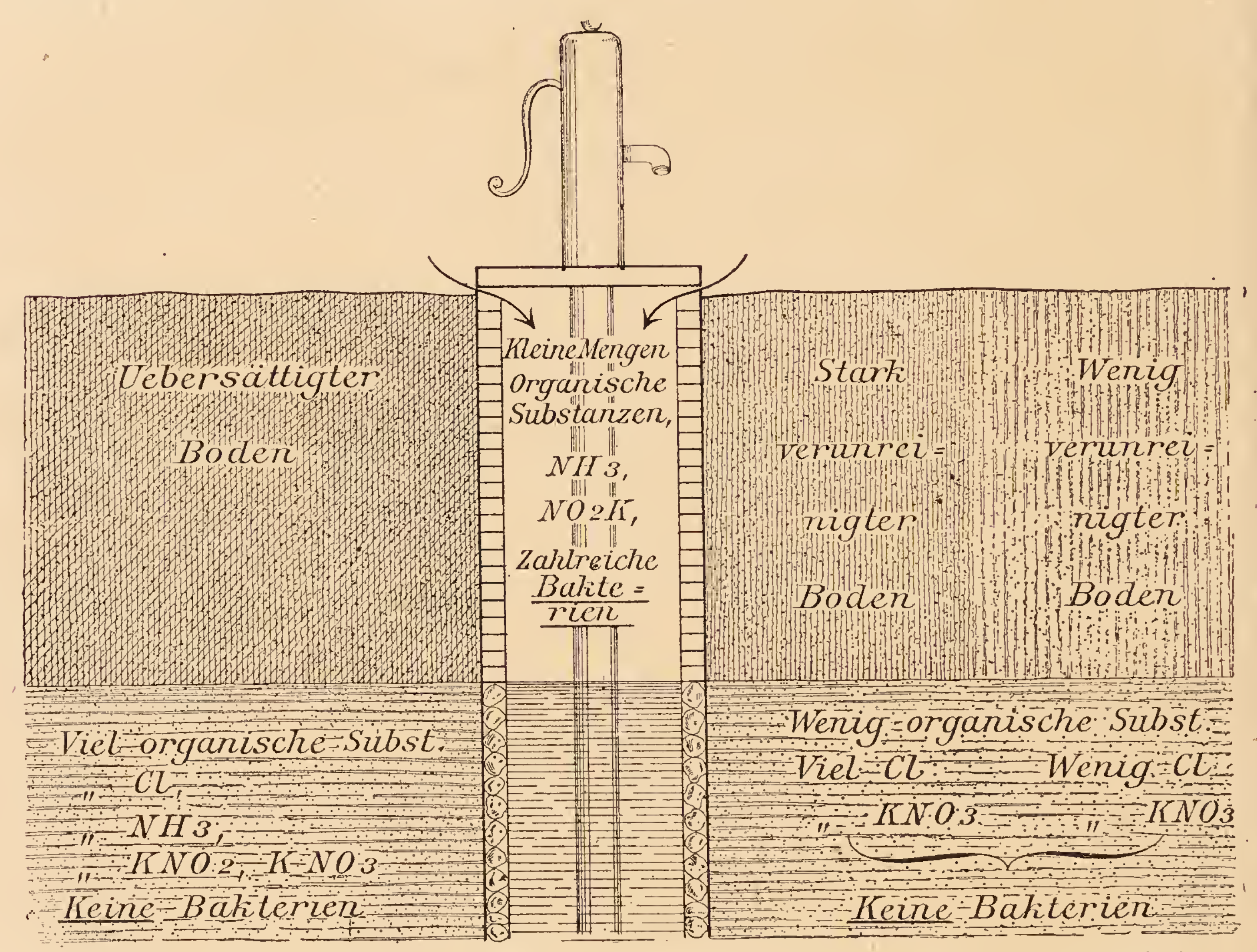


Fig. 9. Die verschiedenen Wege für die Verunreinigung des Grundwassers, schematisch.

Erstens sickern sie langsam von der Bodenoberfläche oder von dem die Gruben und Kanäle umgebenden Erdreich durch Schichten gewachsenen feinporigen Bodens in das Grundwasser, und sind dann dem veredelnden Einfluß des Bodens in vollem Maße ausgesetzt. Dabei werden vor allem die suspendierten Bestandteile und die Mikroorganismen vollständig abgeschieden (s. S. 111). Sodann werden Harnstoff, Hippursäure, sowie die stickstoffhaltigen Fäulnisprodukte für gewöhnlich ganz in Nitrate übergeführt. Die Phosphorsäure bleibt gänzlich im Boden zurück, die Chloride dagegen erscheinen vollständig im Wasser, die Sulfate zum großen Teil. — In einem stark verunreinigten Boden enthält das Grundwasser große Mengen Nitrate, viel Chloride usw.; aber die Abscheidung der Mikroorganismen kommt

auch in solchem Boden vollkommen zustande. — Unter mancherlei Verhältnissen, z. B. wenn nicht genügend Sauerstoff vorhanden ist, finden sich wenig Nitrate, kleine Mengen von Nitriten, von Ammoniak und größere Mengen von noch nicht mineralisierten organischen Stoffen im Wasser. — Ist endlich der Boden übersättigt, so erscheinen die organischen Stoffe, daneben Nitrate, Chloride usw., stark vermehrt; aber auch dann erfolgt die Zurückhaltung der Mikroorganismen gerade so gut wie im reinen Boden.

Zweitens können Verunreinigungen ins Grundwasser gelangen, welche dem Einfluß des feinporigen Bodens nicht ausgesetzt waren. Sie kommen von der Bodenoberfläche entweder durch Schichten durchlässigen groben Kieses oder durch Gesteinsspalten, Risse in Lehmschichten u. dgl. ins Grundwasser. Selbst in gut filtrierendem, feinporigem Boden dringen sie in die Wasserversorgungsanlage durch Undichtigkeiten der Brunnendeckung, oder von Gruben und Kanälen aus durch zufällig vorhandene gröbere Kommunikationen mit dem Brunnenschacht, ohne daß die Mikroorganismen abgeschieden werden, und ohne daß eine Mineralisierung der organischen Stoffe erfolgt. Fig. 9 führt die Verschiedenheit derjenigen Zuflüsse, welche auf solchen gröberen Wegen, und andererseits derjenigen, welche die filtrierenden Bodenschichten passieren, vor Augen. Die durch Defekte der Anlage ins Wasser gelangenden Zuflüsse erscheinen vom hygienischen Standpunkt aus weit bedenklicher als die durch den Boden passierten Verunreinigungen.

Die chemische Zusammensetzung des Grundwassers ist naturgemäß eine sehr wechselnde. Man beobachtet folgende Mengen gelöster Stoffe (s. nebenstehende Tabelle):

	Milligramm in 1 Liter	
	Maximum in reinem Wasser	Maximum in abnormem Wasser
Summe der gelösten Bestandteile	500	5000
Organische Stoffe	40	1300
Dieselben verbrauchten Sauerstoff	2	65
Ammoniak	Spuren	130
Salpetrige Säure (hauptsächlich Kaliumnitrit)	Spuren	200
Salpetersäure (Kaliumnitrat, Kalziumnitrat usw.)	15	1300
Chlor (hauptsächlich Kochsalz)	30	900
Kalk	120	900
Magnesia	50	500
Schwefelsäure (hauptsächlich Kaliumsulfat)	100	1000
Ferner Kalium, Natrium, Kieselsäure, Kohlensäure, Eisen als Ferrosalz, Mangan als Manganosalz.		

Daneben vielerlei suspendierte Bestandteile, z. B. Ton, Eisenoxydhydrat; ferner niedere Tiere, Algen, Bakterien.

Quellwasser entstammt meist Niederschlägen in gebirgiger Gegend, die in Spalten des verwitterten Gesteins in die Tiefe sinken und nach langer Wanderung schließlich in einem Taleinschnitt über einer undurchlässigen Schicht zutage treten. Nicht selten aber fließt das Wasser nur durch einzelne rasch durchlaufene Spalten (z. B. im zerklüfteten Kalkgebirge), ist dann nichts anderes als ungereinigtes Oberflächenwasser und führt nach jedem stärkeren Regen sichtbare Trübungen und B a k t e r i e n. Gelegentlich können auch oberflächliche Wasseransammlungen, Bäche, Teiche, in solchen Gesteinsspalten verschwinden und an tieferer Stelle ohne erhebliche Veränderung zutage kommen. In anderen Gegenden füllen aber z. B. feine Quarzteilchen (Sandsteingebirge) die Spalten derart aus, daß klare, bakterienfrei filtrierte Quellwässer resultieren. — Die Beschaffenheit der Quellen ist somit sowohl in chemischer Beziehung wie hinsichtlich der Infektionsgefahr außerordentlich verschieden und muß von Fall zu Fall geprüft werden.

Zuweilen finden sich in größerer Tiefe Wassermassen zwischen zwei undurchlässigen Schichten eingeschlossen, welche sich mit starkem Gefälle senken. Werden solche Schichten in ihrem unteren Teile angebohrt, so strömt das Wasser unter hohem Drucke aus (Artesische Brunnen). Auch deren Wasser ist sehr verschieden zusammengesetzt, oft nicht so rein, als man gewöhnlich annimmt.

Bäche und Flüsse erhalten durch die Meteorwässer zahlreichste Verunreinigungen von der Bodenoberfläche zugeführt: häufig nehmen sie die Kanal- oder Spüljauche von ganzen Ortschaften auf, ferner den Ablauf von gedüngten Äckern, die Abwässer der Schiffe, sowie übelriechende oder giftige Abgänge der Industrie. So enthalten z. B. die Abwässer der Textilindustrie Leim, Blut, Seife, Farbstoffe; Zuckerfabriken, Gerbereien liefern große Mengen faulender und fäulnisfähiger Substanzen; Schlachthäuser gleichfalls Massen leicht zersetzlichen Materials; Gasfabriken Ammoniakverbindungen und teerige Produkte.

Viele Bestandteile dieser Abwässer sind nicht gelöst, sondern suspendiert und unter diesen finden sich zahlreichste Mikroorganismen. Allmählich tritt allerdings im Verlauf des Flusses, wenn keine neuen Verunreinigungen vorkommen, eine gewisse S e l b s t r e i n i g u n g ein. Die suspendierten Bestandteile setzen sich ab und reißen auch viel Mikroorganismen zu Boden; die Kohlensäure der Bikarbonate des Kalziums und Magnesiums entweicht, und es entstehen unlösliche Erdverbindungen, welche gleichfalls niederschlagend wirken. Außerdem tritt ein allmähliches Verzehren der organischen Stoffe durch Mikroorganismen, Algen und Bakterien, ein; viele Bakterien werden durch die Belichtung in den

oberflächlichen Schichten abgetötet, viele von Infusorien verzehrt, die wieder größeren Wassertieren als Nahrung dienen. Diese Selbstreinigung vollzieht sich jedoch mit gutem Erfolg nur bei sehr geringer Stromgeschwindigkeit und hinreichend langer Berührung mit Luftsauerstoff; im allgemeinen ist sie sehr unzuverlässig. Fluß- und Bachwasser ist daher so großen Schwankungen der Beschaffenheit unterworfen, daß es ohne besondere Vorbereitung nicht als zu häuslichen Zwecken verwendbar angesehen werden kann. Manchen Krankheitserregern scheint hauptsächlich an den Flußufern Gelegenheit zur Wucherung geboten zu sein; sie werden dann von jener Selbstreinigung nicht mit betroffen, sondern höchstens teilweise durch den Einfluß des Lichts, konkurrierende Saprophyten und Infusorien geschädigt.

Landseen bieten ein günstigeres Material für Wasserversorgung als Flüsse. Die suspendierten Bestandteile und die Mikroorganismen sind meist außerordentlich vollständig abgesetzt, und das Wasser ist chemisch und bakteriologisch verhältnismäßig rein. Doch kommen auch hier große Schwankungen vor und die Beurteilung ist von der Untersuchung abhängig zu machen. — In neuerer Zeit ist von oberflächlichen Wasseransammlungen noch das Wasser der **Talsperren** in Betracht zu ziehen, die das Niederschagswasser aus größeren Gebieten in kolossalen Reservoiren aufsammeln. Sie führen, wenn das Niederschlagsgebiet aus unbewohntem und möglichst wenig von Menschen begangenem Terrain besteht, wenn die Masse des Stauwassers sehr groß, die Verdünnung unreiner Zuflüsse also erheblich ist, und wenn die Niederschläge nicht zeitweise dem Stauweiher verschmutztes Oberflächenwasser (z. B. von gedüngten Feldern und Wiesen) zuführen, ein relativ reines und auch ziemlich gleichmäßig temperiertes Material.

B. Die hygienischen Anforderungen an Trink- und Brauchwasser.

Das Wasser, das den Menschen zum Genuß und Wirtschaftsbetrieb geboten wird, soll 1. wohlschmeckend und von appetitlicher Beschaffenheit sein, so daß es gern genossen wird; 2. soll es nicht zu hart sein; 3. soll es nicht zur Krankheitsursache werden können; 4. soll die Menge zureichend sein.

Zuweilen macht man in bezug auf die zu stellenden Anforderungen scharfe Unterschiede zwischen Trink- und Brauchwasser. Vom hygienischen Standpunkt aus ist eine solche Unterscheidung meist nicht gerechtfertigt. Das Wasser, mit welchem die roh genossenen Nahrungsmittel gewaschen, die

Wäsche gereinigt, die Eß- und Trinkgeschirre gespült werden, muß insbesondere von Krankheitskeimen ebenso frei sein, wie das zum Trinken bestimmte.

Nur hinsichtlich des Wohlgeschmacks und der appetitlichen Beschaffenheit und besonders hinsichtlich der Temperatur sind nicht so strenge Anforderungen an ein Brauchwasser zu stellen. Wenn daher ein reichlich und leicht zu beschaffendes Wasser z. B. nur oder vorzugsweise wegen seiner hohen Temperatur zum Genuß ungeeignet erscheint (Flußwasserleitung mit guter Filtration, zu warmes Quellwasser), so kann wohl die Frage aufgeworfen werden, ob nicht dies Wasser zu Gebrauchszwecken beizubehalten und durch eine andere, lediglich für Trinkwasser bestimmte Anlage zu ergänzen sei.

1. Für den **Wohlgeschmack und die Appetitlichkeit** eines Wassers ist erforderlich:

Geruchlosigkeit, insbesondere das Fehlen jeden Fäulnisgeruches. Fluß- oder Seewässer, die durch Aufnahme von Abwässern auch nur zeitweise Geruch nach Petroleum, Karbol u. dgl. zeigen können, sind von der Benutzung auszuschließen. Grundwässer aus Bodenschichten, die reichlich Huminsubstanzen, Braunkohle u. dgl. enthalten, weisen neben einem Gehalt an gelösten Eisenverbindungen häufig Geruch nach flüchtigen Schwefelverbindungen auf. Läßt sich dieser Geruch nicht vollständig beseitigen, so sind auch solche Wässer nicht benutzbar. Ferner ist die Abwesenheit jeden Beigeschmacks erforderlich; z. B. nach fauligen, modrigen Substanzen, oder auch nach gelöstem Eisen. Dagegen soll ein erfrischender Geschmack vorhanden sein, der in erster Linie von der Temperatur des Wassers beeinflußt wird, außerdem vom CO_2- und O-Gehalt; auch ein gewisser Gehalt an Kalksalzen wirkt günstig, zu kalkarme Wässer schmecken leicht fade. Die Temperatur soll sich womöglich das ganze Jahr zwischen 7 und 11° bewegen; höher temperiertes Wasser bietet keine Erfrischung, kälteres wird vom Magen schlecht vertragen. Die gleichmäßige und bekömmliche Temperatur ist bei Wasser aus Grundwasserbrunnen nur vorhanden, wenn sie mindestens 3 m unter der Bodenoberfläche liegen. Flußwasser zeigt (abgesehen von hoher Gebirgslage) im Winter 0°, im Hochsommer bis + 25°. Dadurch fehlt dem Wasser gerade im Sommer, wo am meisten Wasser konsumiert wird, die erforderliche Frische, und dieses Verhalten allein ist ausreichend, um das Flußwasser ungeeignet für die Benutzung als Trinkwasser erscheinen zu lassen.

Farblosigkeit und Klarheit. Färbung oder Trübung, stamme sie woher sie wolle, macht ein Wasser unappetitlich und ungeeignet zum Genuß. Gelbe Farbe tritt bei Grundwasser aus moorigem Boden und häufig bei Flußwasser auf. Trübung kann bewirkt werden durch Lehm- und Tonteile. Jede zeitweise Trübung im Grund- und

Quellwasser muß den Verdacht auf abnormen Gehalt an Bakterien erwecken.

Am häufigsten kommt eine nachträgliche Trübung durch Ferrihydrat (Rost) in Betracht. Das Eisen pflegt in Form von Eisenoxydulverbindungen (hauptsächlich Ferrobikarbonat, $Fe(HCO_3)_2$) ins Wasser überzutreten, die aus Eisenoxydverbindungen des Bodens unter dem Einfluß reduzierender organischer Substanzen (Braunkohle, vermoderndes Holz, Moor, Humus usw.) in solchen Schichten des Bodens, zu denen kein Sauerstoff gelangen kann, entstanden sind. Die Ferrosalze trüben zunächst das Wasser nicht. Steht dasselbe aber einige Zeit an der Luft, oder wird es erhitzt, so entweicht die CO_2 des Bikarbonats und es erfolgt Oxydation, so daß sich braune Flocken von Eisenoxydhydrat abscheiden, die dem Wasser ein unappetitliches Aussehen verleihen und dasselbe für Wäsche, für die Bereitung von Tee, Kaffee usw. völlig unbrauchbar machen. In eisenhaltigem Wasser kommt es außerdem besonders leicht zur Wucherung gewisser Pilze, welche nur in eisenhaltigem Wasser gedeihen, die Ferroverbindungen zu Ferrihydrat oxydieren und letzteres zum Teil in ihrer Leibessubstanz ablagern. So kann namentlich der sog. Brunnenfaden, Crenothrix, für eine Wasserversorgung verhängnisvoll werden, indem er dicke weißliche oder durch Einlagerung von Eisen braun gefärbte Pilzrasen liefert, die das Wasser trüben und unappetitlich machen.

Seltener entsteht aus dem FeS_2 von Schlickschichten, die in Flußtälern oft in großer Ausdehnung abgelagert sind, oder aus den Pyriten tieferer Bodenschichten Ferrosulfat, $FeSO_4$; das Wasser schmeckt dann intensiv tintenartig; die Trübung an der Luft erfolgt viel langsamer, unter Bildung von basischem Ferrisulfat und freier Schwefelsäure.

Offenbar in großer Verbreitung kommt neben dem Eisen Mangan im Grundwasser vor, in Form von Manganobikarbonat oder (häufiger) Manganosulfat. Mangan findet sich neben FeS_2 in Schlickschichten, wird bei deren Austrocknung zu $MnSO_4$ oxydiert und tritt als solches allmählich in das Grundwasser über; größere Mengen scheinen sich zuweilen aus tiefliegenden Reservoiren in großen Quantitäten den überlagernden Grundwasserschichten beizumengen. Beim Stehen manganhaltigen Wassers bilden sich sehr allmählich braune bis schwarze Ausscheidungen von höheren Oxydationsstufen des Mangans; sofortige Abscheidung tritt durch Soda- oder Seifenzusatz namentlich bei gleichzeitigem Kochen ein, so daß Wäsche in ähnlicher Weise wie durch eisenhaltiges Wasser geschädigt wird. Auch entstehen Niederschläge im Rohrnetz, und gewisse Crenothrixarten scheinen gerade in Mn-haltigem Wasser besonders zu wuchern. — Eine gesundheitsschädliche Wirkung des Mnhaltigen Wassers liegt nicht vor; aber die aufgezählten Unannehmlich-

keiten sind so erheblich, daß das Mangan als Wasserbestandteil mit Recht sehr gefürchtet ist; um so mehr, als seine Beseitigung keineswegs ebenso leicht wie die des Eisens und gleichzeitig mit diesem gelingt (s. unten).

Fehlen grob sichtbarer Verunreinigungen. Eine Wasserentnahmestelle in verschmutzter Umgebung und in sinnfälliger Berührung mit Abfallstoffen des menschlichen Haushalts, ebenso eine Vernachlässigung der Brunnenanlage selbst macht das Wasser unappetitlich und für empfindlichere Menschen zum Genuß ungeeignet. Daher ist Flußwasser zu verwerfen, das offensichtlich die Entleerungen von Schiffern und Dampferpassagieren, die Abflüsse von Aborten, Düngstätten usw. aufnimmt; ferner Wasser aus Brunnen, in deren Umgebung die Bodenoberfläche stark verunreinigt ist und in deren Nähe Abortgruben, Düngerhaufen, Rinnsteine sich befinden. Auch Defekte am Brunnen, undichte Deckungen, Vermodern der Holzteile können Unappetitlichkeit des Wassers bedingen und sind zu beanstanden.

2. Die **Härte** eines Wassers ist bedingt durch Kalk- und Magnesiasalze, die entweder aus Bodenbestandteilen gelöst sind (z. B. aus Gipslagern als $CaSO_4$, aus $CaCO_3$-lagern unter Mitwirkung von CO_2 als $Ca(HCO_3)_2$) oder dem Harn und den Fäzes entstammen. Kalzium- und Magnesiumbikarbonat machen die vorübergehende Härte aus, d. h. die Härte, welche nach dem Kochen oder längerem Stehen des Wassers verschwindet, weil die lösende CO_2 abdunstet und unlösliche Monokarbonate als Niederschlag an Wandungen und Boden des Gefäßes (Kesselstein) zurückbleiben. Kalzium- und Magnesiumsulfat, -nitrat usw. dagegen bedingen die bleibende Härte, die auch nach dem Kochen des Wassers unverändert fortbesteht. — Man bemißt die Härte eines Wassers nach (deutschen) Härtegraden, von denen ein Grad so viel Kalk- und Magnesiaverbindungen anzeigt, daß sie in bezug auf die Zerlegung einer Seifenlösung sich verhalten wie eine Lösung von 1 mg CaO in 100 ccm Wasser.

Zu weiches Wasser ist insofern nicht angenehm, als es etwas faden Geschmack haben kann; ob, wie neuerdings behauptet wird, weiches Wasser die Zahnkaries erheblich befördert, muß als zweifelhaft angesehen werden, da die im Wasser im Mittel aufgenommenen 1—2 g Salze einen zu kleinen Bruchteil der täglich mit der Nahrung erfolgenden Salzzufuhr (20—70 g) ausmachen. — Zu hartes Wasser hat dagegen mancherlei Unannehmlichkeiten: es ist zum Kochen gewisser Speisen (Hülsenfrüchte, Tee, Kaffee) ungeeignet, weil sich unlösliche Verbindungen zwischen den Kalksalzen und Bestandteilen dieser Nahrungsmittel herstellen. — Technisch kommt außerdem in Frage, daß zum Waschen mit hartem Wasser eine abnorm große Menge von Seifen konsumiert werden muß, weil ein großer Teil der Seife durch die Kalksalze zerlegt wird;

ferner daß hartes Wasser, namentlich solches mit vielen Bikarbonaten, wegen massenhafter Kesselsteinbildung zur Speisung der Dampfkessel ungeeignet ist.

Ein sehr hoher, 20° überschreitender Gehalt an Kalksalzen (namentlich Kalziumsulfat und Magnesiasalzen) scheint vielleicht bei manchen Menschen gastrische Störungen zu bewirken oder wenigstens eine allmähliche Gewöhnung vorauszusetzen.

3. **Wasser als Krankheitsursache.** Mehrfach sind durch Wassergenuß Vergiftungen hervorgerufen, und zwar durch einen Gehalt an Arsen- oder Bleiverbindungen. Arsen gelangte früher namentlich durch Abwässer der Anilinfarbenfabriken in großen Mengen ins Grundwasser.

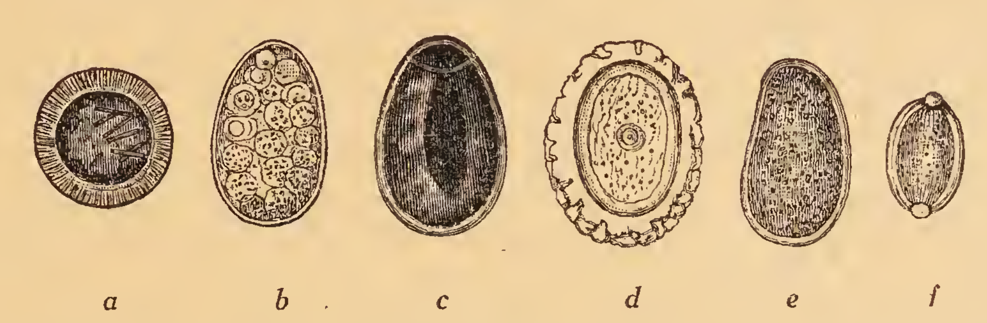


Fig. 10. Helmintheneier *a* Ei von Taenia solium. 500:1. *b* Unreifes, *c* reifes Ei von Botriocephalus latus. 500:1. *d* Ei von Ascaris lumbricoïdes. 500:1. *e* Ei von Oxyuris vermicularis. 500:1. *f* Ei von Trichocephalus dispar. 500:1.

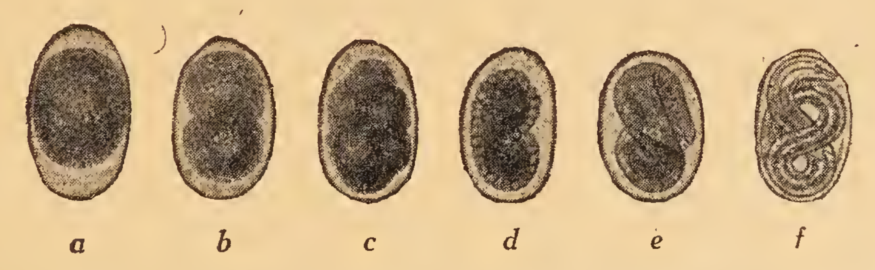


Fig. 11. 6 Stadien aus der Embryonalentwickelung des Anchylostoma; *a*, *b* und *c* finden sich gelegentlich in frischen, *d*, *e* und *f* nur in älteren Stühlen. 200:1.

Auch in den Abfallstoffen der Gerbereien, welche Arsenverbindungen zur Enthaarung benutzen, ist reichlich Arsen enthalten und dieses kann bei geeigneten Bodenverhältnissen von den Lagerstätten der Abfallstoffe aus nachhaltig und weit in das Grundwasser vordringen. — Ein bedenklicher Bleigehalt des Wassers kommt häufiger nur vor durch Aufnahme aus den Bleirohren der Wasserleitungen (s. unter „Wasserversorgung").

Viel bedeutungsvoller ist die Rolle, welche das Wasser beim Zustandekommen von Erkrankungen durch tierische und pflanzliche Parasiten spielt.

A. Tierische Parasiten. In der tropischen und subtropischen Zone kommen bei primitivem Wasserbezug folgende Parasiten in Betracht:

a) Die Amöben, welche Dysenterie erzeugen (s. Kapitel X), scheinen durch ungereinigtes Oberflächenwasser, z. B. Nilwasser, Verbreitung finden zu können.

b) Schistosomum (Distoma) haematobium, zu den Trematoden gehörig. Platter, 12 mm langer Wurm, das Männchen umschließt das Weibchen. Ruft durch seine Ansiedelung in den Venen der Pfortader und der Harnblase in Ägypten, China usw. die Bilharziakrankheit hervor. Meist entsteht nur Blasenkatarrh mit Blut- und Eiterausscheidung, der ausheilt; zuweilen tödliche Nephritis. In den im Harn entleerten Eiern finden sich Miracidien, die in Wasser ausschlüpfen. Ein Zwischenwirt ist nicht bekannt; vermutlich dringen die Miracidien beim Baden in infiziertem Wasser von der Haut aus ein.

c) Filaria Medinense, Medinawurm, zu den Nematoden gehörig, 50 bis 80 mm lang, 0,5—1,7 mm dick, in Hautgeschwüren, namentlich am Fußgelenk. Die zahlreichen Larven wandern in kleine Wasserkrebse (Cyclops quadricornis) ein; die Weiterentwicklung ist noch unbekannt. Von den Cyklopiden aus scheinen sie auf den Menschen übergehen zu können.

Im gemäßigten Klima sind gelegentlich, im Verhältnis zu den auf anderem Wege erfolgten Infektionen sehr selten, Übertragungen von Eiern von Eingeweidewürmern (von Nematoden wie Ascaris lumbricoïdes, Oxyuris vermicularis und von Cestoden wie Taenia solium, T. saginata und Botriocephalus latus) durch Wasser beobachtet; jedoch nur bei Oberflächenwasser und primitiver Anlage.

Bei bestimmten Kategorien von Arbeitern werden häufig Infektionen mit Anchylostomum duodenale auf Wasser zurückgeführt. Der zu den Nematoden gehörige Wurm, der 10—13 mm lang wird, lebt im Jejunum und Duodenum des Menschen, wechselt oft seinen Sitz und macht daher viele kleine Wunden in der Submukosa. Schädigend wirken teils die Blutverluste, namentlich aber vom Wurm produzierte Toxine. 1854 zuerst in Ägypten beobachtet, 1880 bei den Arbeitern des Gotthard-Tunnels, dann bei den Ziegelarbeitern in der Nähe von Köln, jetzt hauptsächlich bei Bergarbeitern in Belgien, Ungarn, im Aachener und Dortmunder Revier; stets nur in tiefen, über 20° warmen Bergwerken. — Die Eier des Wurms werden mit den Fäzes ausgeschieden, oft sehr zahlreich, in 1 g Kot können 20 000 Eier vorkommen. Die Ausbildung der Larve und das Ausschlüpfen der letzteren erfolgt erst, wenn der Kot bei 25 bis 30° Wärme, Luftzutritt und womöglich Dunkelheit in feuchtes Substrat gelangt. Die eben ausgeschlüpfte Larve ist 0,2 mm lang, wächst in 3—5 Tagen zu 0,8 mm Länge heran; dann erfolgt Häutung; darauf bereitet sich eine neue Häutung vor, indem die alte Cuticula sich abhebt und unter ihr eine neue entsteht (fälschlich als Encystierung bezeichnet). Diese reife Larve kann 6 Monate ohne Nahrung und in trockenem Substrat existieren; sie allein vermittelt die Infektion, nicht die Eier, nicht die jungen Larven. Entweder erfolgt die Infektion per os; im Darm vollziehen sich mehrfache Häutungen, 8 Tage nach der letzten sind die Würmer geschlechtsreif, und es kommt zur Begattung. Das getrunkene Wasser konnte aber in vielen Fällen, wo für Trinkwasser gut gesorgt

war, nicht die Schuld tragen. Loos hat dann gefunden, daß auch durch die unversehrte Haut Eindringen des Parasiten erfolgen kann; unter Zurücklassung der Scheide bohren sich die Larven in die Cutis, gelangen direkt oder auf dem Umwege durch Lymphbahnen ins Blut, mit diesem

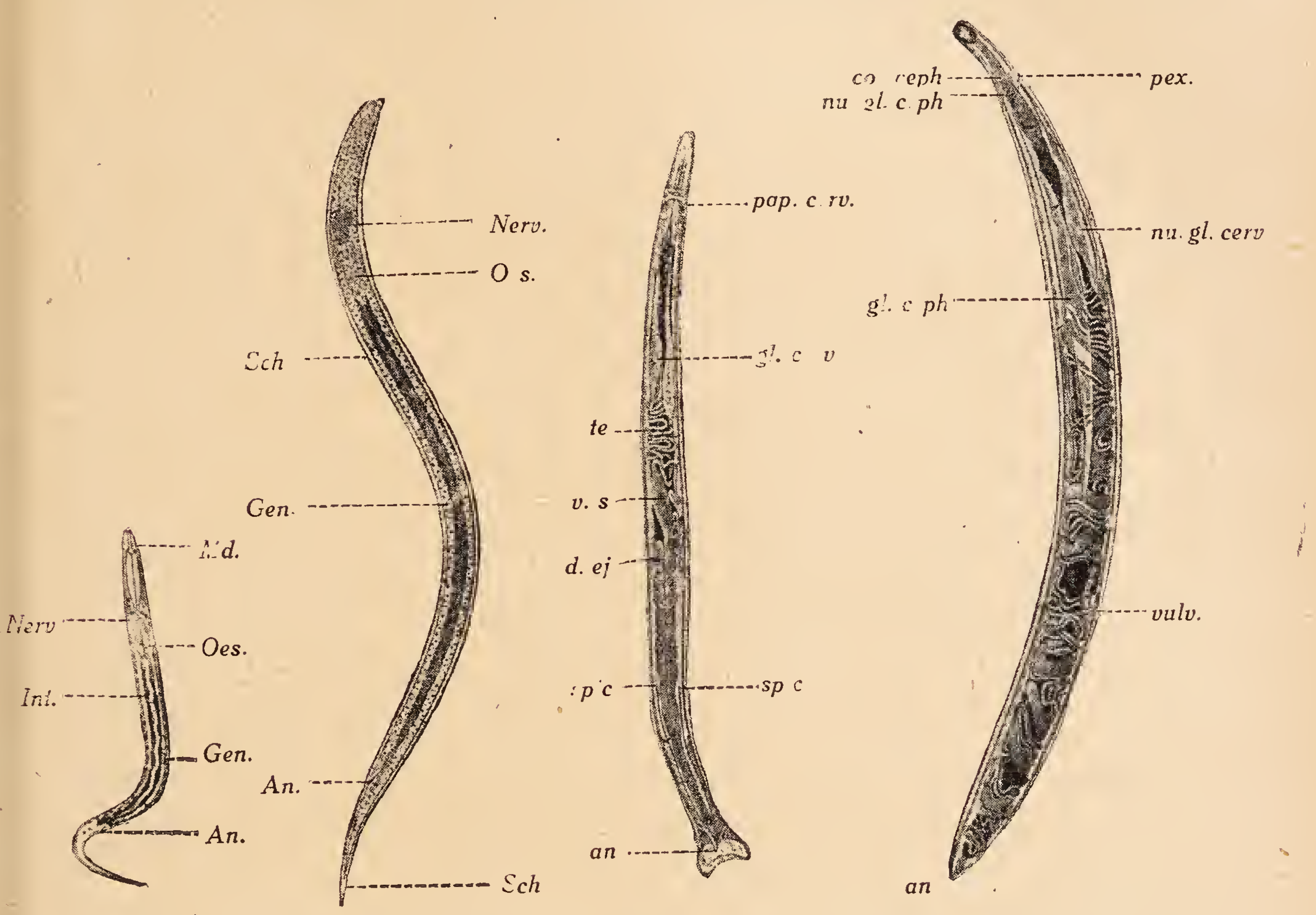


Fig. 12. Larve von Anchyl. duodenale kurz nach dem Ausschlüpfen. 110:1.

Fig. 13. Reife („encystierte") Larve des Anchylostoma, 110:1. Sch. die den Körper umhüllende alte Haut („Scheide").

Fig. 14 Anchylostomum duodenale, links Männchen vom Rücken, rechts Weibchen von der Seite; Vergr. ca. 10. *an* Anus. *co. ceph* Nervensystem, *d ej* Ductus ejaculatorius, *gl. ceph* Kopfdrüsen, *nu. g. ceph* deren Kerne, *g cerv* Halsdrüsen, *nu. l. cerv* deren Kerne, *pap. cerv* Halspapillen, *p. ex* Exkretionsporus, *spic* Spicula, *te* Hoden *v. s.* Samenblase, *v lv* Vulva. (Nach Loos.)

ins rechte Herz, von da in die Lunge, kriechen die Bronchien aufwärts und vom Kehldeckel ab den Ösophagus abwärts bis ins Duodenum, wo sie nach 5—7 Wochen anlangen. — Die Gefahr der Übertragung liegt daher auch schon beim bloßen Hantieren mit Schlamm oder unreinem Wasser vor (Prophylaxe s. Kap. „Gewerbehygiene").

B. Pflanzliche Parasiten. Infektionen durch pathogene Bakterien, die mit Wasser eingeführt sind, sind häufig zur Beobachtung gekommen. Mehrfach sind explosionsartige Massenausbrüche von Cholera asiatica durch Wasser und die in diesem enthaltenen Cholerabazillen verursacht. Die Verteilung der Erkrankungen bei der Choleraepidemie in Hamburg 1892 und verschiedene ähnliche Beobachtungen beseitigen jeden Zweifel daran, daß das Wasser in diesen Fällen

das gemeinsame Transportmittel für die infektiösen Keime gewesen ist (s. in Kap. X, Abschnitt „Choleraverbreitung“). — Ebenso sind zahlreiche kleinere Gruppenepidemien und Massenausbreitungen von Typhus abdominalis, die durch das gleichzeitige plötzliche Auftreten der Erkrankungen ausgezeichnet waren, auf Trinkwasserinfektion zurückzuführen, weil das Gebiet des gleichen Wasserbezugs und das der Typhusausbreitung sich genau deckte und andere gemeinsame Vehikel ausgeschlossen werden konnten. In mehreren derartigen Fällen ist es auch gelungen, Typhusbazillen in dem verdächtigen Wasser aufzufinden. — Manche andere gastrische Erkrankungen sind ebenfalls mit höchster Wahrscheinlichkeit durch Wassergenuß und damit eingeführte Krankheitserreger verursacht. Auch Beziehungen zwischen den Todesfällen an Diarrhoea infantum und dem Bakteriengehalt des als Trinkwasser benutzten Flußwassers sind in Hamburg, Dresden, Berlin (koinzidierend mit Eisgang oder Überschwemmung des Geländes und zu anderer Jahreszeit als die Sommerdiarrhöen der Kinder) hervorgetreten.

4. In **ausreichender Menge** ist ein Wasser dann vorhanden, wenn pro Tag und Kopf etwa 150 Liter zur Verfügung stehen. Das Minimum des Bedarfs für den Genuß und die Speisenbereitung ist auf Schiffen zu etwa 4 Liter pro Kopf und Tag ermittelt. Bei freigestelltem Konsum beziffert sich der Bedarf inkl. des zur Reinigung des Körpers, des Hauses, der Straßen usw., ferner des von den industriellen Anlagen verbrauchten Wassers auf 100—200 Liter, verschieden je nach den Lebensgewohnheiten der Bevölkerung und der Ausdehnung der Industrie. Von der gesamten Verbrauchsmenge entfallen etwa ⅔ auf die Tagesstunden von 8 Uhr früh bis 6 Uhr abends; der stärkste Konsum findet statt von 11—12 Uhr vormittags und 3—4 Uhr nachmittags (10 % des Tagesverbrauchs in einer Stunde); ferner am Sonnabend und in den Perioden, wo Straßen und Gärten gesprengt werden.

Daß das Wasser in reichlichsten Mengen und tunlichst billig zur Disposition gestellt wird, ist eine vom hygienischen Standpunkt aus sehr wichtige Forderung. Nur dann kann die Wasserversorgung zu größerer Reinlichkeit der Bevölkerung Anlaß geben und damit zu einem wichtigen Schutzmittel gegen manche Infektionen werden.

C. Untersuchung und Beurteilung des Trinkwassers.

Keine der natürlichen Bezugsquellen des Wassers entspricht unter allen Umständen den hygienischen Anforderungen; in jedem Einzelfall hat vielmehr hierüber eine besondere Untersuchung zu entscheiden. Diese umfaßt: 1. die sog. „Vorprüfung“; 2. die chemische Untersuchung; 3. die

mikroskopische Untersuchung; 4. die bakteriologische Untersuchung; 5. die Lokalinspektion.

1. **Die Vorprüfung** soll vorzugsweise über Wohlgeschmack und Appetitlichkeit des Wassers entscheiden. Außer einfacher sinnlicher Prüfung auf Geruch, Geschmack und Temperatur kann letztere durch Thermometer ermittelt werden, und zwar da, wo das Wasser geschöpft werden muß, mit unempfindlich gemachten Thermometern (s. S. 100) oder mit sog. Schöpfthermometern, bei welchen die Kugel in einem kleinen mit Wasser sich füllenden Behälter steckt. — Bei der Geschmacksprüfung ist zu beachten, daß Temperatur, CO_2-gehalt und Härte des Wassers die Schmeckbarkeit von Salzen beeinflussen. Im allgemeinen wird ClNa bei 400 mg, $MgCl_2$ bei 100 mg in 1 Liter schmeckbar.

Farbe und Klarheit sind nach dem Augenschein an Proben von größerer Schichthöhe zu beurteilen. — Am wichtigsten ist die Ermittlung von gelöstem Eisen oder Mangan, das anfänglich das Wasser völlig klar erscheinen läßt und erst nachträglich Trübung bewirkt. Man muß daher die Probe beobachten, nachdem man sie längere Zeit in Berührung mit Luft hat stehen lassen, oder nachdem man dieselbe gekocht hat (bei Manganverdacht mit Sodazusatz).

2. Die **chemische** Untersuchung.

Diese hat zunächst die Vorprüfung des Wassers auf Klarheit zu ergänzen, indem man einen Gehalt an gelöstem Eisen durch direkten Zusatz von Ferricyankalium oder besser nach Oxydation durch Zusatz von Rhodankalium nachzuweisen sucht. — Mangansalze lassen sich zu Übermangansäure oxydieren, welche die Probe rosa färbt; genaueres s. im „Anhang".

Ferner gibt die chemische Untersuchung über die Härte eines Wassers Auskunft. Die Bestimmung kann annähernd erfolgen durch Titrieren mit Seifenlösung: Die Seife setzt sich mit den Kalk- und Magnesiasalzen um (es entsteht unlöslicher fettsaurer Kalk, und die Säure der Kalksalze verbindet sich mit dem Alkali der Seife), solange noch Kalk und Magnesia vorhanden sind; erst nachher bleibt bei weiterem Zusatz Seife als solche bestehen, und dies wird kenntlich durch die starke Schaumbildung beim Schütteln (s. im Anhang).

Von Krankheitsursachen vermag die chemische Analyse die Gegenwart von Blei und Arsen nach den im Anhang beschriebenen Methoden zu ermitteln. Zum Nachweis von Arsen kann man auch etwas Wasser direkt einer Kultur von Penicillium brevicaule (s. Kap. X) zusetzen; nach 1—2 Tagen zeigt sich bei Anwesenheit von Arsen knoblauchartiger Geruch.

Außerdem hat man aus der chemischen Untersuchung Schlüsse zu ziehen versucht auf Infektionsgefahr und Appetitlichkeit eines Wassers. In dieser Absicht hat man namentlich: a) die „organischen Stoffe“ bestimmt. Da die Ermittlung der gesamten organischen Stoffe auf Schwierigkeiten stößt, begnügt man sich, nur einen Bruchteil der organischen Stoffe herauszugreifen, welcher leicht oxydabel ist, und zwar denjenigen, welcher bei einer bestimmten Behandlung mit Kaliumpermanganatlösung den Sauerstoff der letzteren absorbiert und diese dadurch entfärbt. b) Ammoniak, das fast stets nur in Spuren vorhanden ist, qualitativ durch das Nesslersche Reagens. c) Nitrite, ebenfalls stets in sehr geringer Menge vertreten, durch Zinkjodidstärke und andere Reagentien. d) Nitrate, qualitativ durch Brucinlösung oder durch Diphenylamin; quantitativ durch Vergleich der Farbenänderung durch Brucinzusatz. e) Chloride durch Titrieren mit Silbernitratlösung von bekanntem Gehalt. f) Die Summe der anorganischen Salze läßt sich namentlich bei fortlaufenden Untersuchungen desselben Wassers mit Vorteil bestimmen durch die elektrische Leitfähigkeit des Wassers. g) Unter Umständen hat auch die Bestimmung der Radioaktivität eines Wassers Interesse. — Genaueres über alle diese Untersuchungsmethoden s. im Anhang.

Über die Infektionsgefahr eines Wassers läßt sich indes auf Grund der Resultate der chemischen Untersuchung ein Urteil nicht gewinnen. — Zunächst sei betont, daß alle obengenannten Substanzen, Nitrate, Nitrite, Chloride usw., selbst in der Menge, die in sehr stark verunreinigten Wässern vorkommt, nicht direkt die Gesundheit zu beeinflussen vermögen.

Ebensowenig kann den „organischen Stoffen“ eine toxische Wirkung zukommen. In den an sich geringen Quantitäten organischer Stoffe, welche ein Trink- oder Brauchwasser enthält, können niemals Gifte in ausreichender Menge vorhanden sein, um toxische Symptome zu veranlassen. Experimentell ist auf das bestimmteste erwiesen, daß selbst die unreinsten Wässer, wenn sie bei niederer Temperatur stark konzentriert und Tieren injiziert werden, erst dann giftige Wirkung äußern, wenn auch der eingeäscherte Rückstand ohne alle organische Stoffe in der gleichen Dosis wirkt.

Indirekt konnte aber durch jene Stoffe auf die Anwesenheit von Infektionserregern im Wasser oder in der Umgebung des Wassers hingedeutet werden. Früher hat man sich in der Tat solche Vorstellungen gemacht. Man glaubte, daß Zersetzungs- und Fäulnisprozesse identisch seien mit Infektionsgefahr, und man hielt jedes Wasser für infektionsverdächtig, welches Spuren von Abfallstoffen und Fäulnisprozessen, also größere Mengen organischer Stoffe, Ammoniak, Nitrite, reichliche Nitrate

aufwies, auch die Chloride, die hauptsächlich dem Kochsalz des Harns entstammen und unverändert den Boden passieren, sollten sich als Indikator der Verunreinigung mit Abfallstoffen eignen.

In den letzten Jahrzehnten sind wir indes zu der Erkenntnis gelangt, daß Fäulnis- und Zersetzungsprozesse mit Infektionsgefahr keineswegs identisch sind; für letztere sind nur spezifische Mikroorganismen, nicht saprophytische Bakterien von Belang. Außerdem besteht aber kein Parallelismus zwischen jenen durch die Analyse im Wasser ermittelten chemischen Substanzen und seinem Gehalt an irgendwelchen saprophytischen und infektiösen Mikroorganismen. Denn die Wege, auf denen jene Substanzen und andererseits die Organismen ins Wasser gelangen, sind, wie wir oben gesehen haben, ganz verschieden und völlig unabhängig voneinander. Organische Stoffe, Nitrate, Ammoniak, Nitrite, Chloride gehen langsam durch den gewachsenen Boden ins Grundwasser; für die Organismen dagegen ist dieser Weg verschlossen, sie geraten nur durch Undichtigkeiten der Entnahmestelle ins Wasser. Ist ein Boden noch so reichlich mit organischen Stoffen, Nitraten usw. durchsetzt, und treibt man durch solchen Boden ins Grundwasser ein eisernes Rohr, das man von den von der Oberfläche verschleppten Bakterien durch Desinfektion befreit, so gewinnt man aus diesem Rohr anhaltend ein keimfreies, wenn auch chemisch sehr stark verunreinigtes Wasser. — Gelegentlich können wohl Defekte der Entnahmestelle und grobe Zutrittswege für Organismen mit Bodenverunreinigung zusammentreffen; aber meist fehlt jeder Parallelismus.

Noch eine andere Beziehung ist zwischen den chemisch nachweisbaren Verunreinigungen eines Trinkwassers und infektiösen Organismen denkbar: jene könnten dem Wasser erst die erforderlichen Nährstoffe zuführen, ohne welche eine Wucherung der Infektionserreger nicht zustande kommt. Aber auch diese Annahme läßt sich, wie unten erörtert wird, nicht aufrecht erhalten. In stärker gebrauchtem Trinkwasser kommt es anscheinend überhaupt zu keiner Wucherung hineingelangter Krankheitserreger, sondern höchstens zu einer Konservierung, die allerdings für das Zustandekommen von Infektionen völlig ausreicht.

Somit ist es nicht möglich, durch die chemische Untersuchung die Infektionsgefahr eines Wassers festzustellen.

Für die Beurteilung der Appetitlichkeit eines Wassers läßt sich aus der chemischen Analyse zuweilen ein gewisser Anhalt gewinnen. Sind reichlich organische Stoffe, viel Chloride und Nitrate vorhanden, so entstammt das Wasser einem mit Abfallstoffen übersättigten Boden, und das Wasser könnte vielleicht bei weiterer Verschmutzung der Umgebung sogar in grobsinnlicher Weise unappetitlich werden.

Aber auch hier ist Vorsicht im Urteil angezeigt: bei gleicher Bodenverunreinigung zeigt das Grundwasser sehr verschieden starke Verunreinigung je nach der Durchlässigkeit des Bodens, nach der Benutzung des Brunnens, nach dem Zutritt von Flußwasser usw. Nur wenn gleichzeitig an mehreren Stellen die chemische Beschaffenheit des Grundwassers festgestellt wird, für das fragliche Wasser aber erheblich höhere Zahlen gefunden werden als an den benachbarten Stellen, ist der Schluß auf eine abnorme Verschmutzung der Anlage berechtigt. — Sind in einem Grundwasser aus größerer Tiefe nur einzelne Substanzen in größerer Menge vorhanden, z. B. organische Stoffe und Ammoniak, so können diese auch alten Huminlagern entstammen und mit Abfallstoffen nichts zu tun haben.

Ferner ist die chemische Untersuchung oft wertvoll bei fortlaufender Kontrolle des Wassers einer zentralen Versorgungsanlage. Auffällige Änderung in der chemischen Beschaffenheit, Zunahme der von Bodenverunreinigung herrührenden Substanzen kann auf Abnormitäten im Rekrutierungsgebiet des Wassers aufmerksam machen, die möglicherweise Infektionsgefahr und Appetitlichkeit berühren.

3. Die **mikroskopische** Untersuchung. Im mikroskopischen Präparat, das man aus dem Absatz des 12—14 Stunden gestandenen Wassers anfertigt, findet man neben mineralischen Bestandteilen zunächst mancherlei pflanzlichen oder tierischen Detritus. Reste



Fig. 15. Sarcodinen und Flagellaten: *a* Amöben. 400:1. *b* Cercomonas. 400:1 *c* Bodo globosus. 700:1. *d* Polytoma uvella 175:1. *e* Euglena viridis. 200:1. *f* Peranema. 175:1.

von mehr oder weniger verdauten Fleischfasern sind bedenklich, weil sie auf Verunreinigung des Wassers mit Fäkalien deuten. Erheblich bedeutungsvoller ist der Nachweis tierischer Parasiten in Form von Eiern der oben (S. 124) genannten Eingeweidewürmer.

In großer Menge und Mannigfaltigkeit finden sich saprophytische Rhizopoden, Flagellaten und Infusorien im Wasser. In den Oberflächenwässern sind sie allverbreitet; in Cystenform sind die meisten sehr lange haltbar. Beim Durchgang des Wassers durch feinporigen Boden werden sie wie die Bakterien abfiltriert; sie finden sich daher nicht in steril entnommenem Grundwasser. Dagegen sind fast stets einzelne Protozoen in dem aus den üblichen Wasserversorgungen entnommenen Wasser, weil sie an Teilen der Brunnenanlage, Leitungs-

rohren usw. in Cystenform lange lebendig bleiben. Ihr Nachweis kann durch längeres Stehenlassen des Wassers, eventuell unter Zusatz von Salatinfus, erfolgen. Amöben sind auch in Petrischalen auf Agar (0,5 + 10,0 Bouillon + 90 Wasser)



Fig. 16. Infusorien:
a Glaucoma. 175:1. *b* Colpidium colpoda. 175:1. *c* Paramaecium caudatum. 175:1. *d* Stylonichia. 175:1. *e* Lacrymaria olor. 175:1. *f* Vorticella. 175:1. *g* Carchesium. 175:1.

zu züchten, stets mit zahlreichen Bakterien, die sich zuerst ausbreiten und denen die Amöben folgen. Nach einiger Zeit bilden sich auch hier Cysten, die Monate haltbar sind.

Finden sich im frisch entnommenen Wasser größere Mengen dort gewucherter Protozoen, so ist die Ermittelung der Arten für die Beurteilung der Verunreinigung des (Oberflächen-)Wassers von einiger Bedeutung. Zu den sogenannten Poly- und Mesosaprobiern, die bei starker und mittlerer Verunreinigung in den Vordergrund gelangen, gehören z. B. die in Fig. 15 und 16 abgebildeten Sarcodinen, Flagellaten und Ciliaten. In reinem Wasser kommen chlorophyllhaltige Algen und Diatomeen zur Herrschaft. — Über die in Abwässern wuchernden Organismen s. Kap. VII.

Ob der Protozoenuntersuchung unter Umständen eine entscheidende symptomatische Bedeutung für die Beurteilung eines Wassers zukommen

kann, ist zweifelhaft. Frühere Beobachtungen sind meist ohne die nötigen Kautelen gegen zufälliges Eindringen von Keimen (nicht sterilisierte Gefäße usw.) gemacht; ebenso sind die Wucherungsbedingungen nicht genügend berücksichtigt.

4. Zur **bakteriologischen** Untersuchung des Wassers ist stets das Kulturverfahren anzuwenden.

Man bedient sich für gewöhnlich der im Anhang beschriebenen Gelatineplattenkultur. — Besondere Vorsicht ist bei der Probenahme des Wassers zu beachten, damit fremde Bakterien vollkommen ausgeschlossen bleiben. Die Probe muß stets sofort, innerhalb 3 Stunden, untersucht werden, da viele Bakterien sich in dem Wasser nachträglich massenhaft vermehren. Eine nach 24 Stunden oder später angestellte Untersuchung eingesandter Proben gibt völlig unbrauchbare Resultate; mindestens muß Verpackung in Eis und Sägespänen erfolgen. — Es werden 4 Platten angelegt mit $^1/_{100}$, $^1/_{10}$, 1 und 10 Tropfen des Wassers. Nach dem Auswachsen der Kolonien werden diese gezählt und verdächtige behufs weiterer Untersuchung in Gelatineröhrchen übertragen. — Die Untersuchung auf Typhus- und Cholerabazillen hat durch besondere Methoden zu erfolgen; siehe im Anhang.

Die bakteriologische Untersuchung ist vor allem dadurch bedeutungsvoll, daß es mittels derselben unter Umständen gelingt, Infektionserreger, wie Typhus- und Cholerabezillen, direkt nachzuweisen. Cholerabazillen sind im Wasser eines indischen Tanks, in Hafenwasser, in Leitungs- und Brunnenwasser wiederholt aufgefunden; ebenso ist in vereinzelten Fällen der Nachweis von Typhusbazillen im Leitungswasser geglückt. In der Mehrzahl solcher Untersuchungen ist freilich das Resultat negativ; auch dann, wenn das Wasser zweifellos bei der Ausbreitung der Krankheit ursächlich beteiligt ist, und zwar hauptsächlich deshalb, weil die Untersuchung des Wassers so spät vorgenommen wird, daß die hineingelangten Bakterien mechanisch entfernt oder abgestorben zu sein pflegen.

Man hat daher versucht, namentlich bei Grund- und Quellwasseranlagen, die bakteriologische Untersuchung dadurch zum Nachweis einer Infektionsgefahr auszunutzen, daß man entweder die Zahl der gesamten im Wasser enthaltenen Keime oder das Vorhandensein gewisser Arten als Symptom der Infektionsgefahr aufgefaßt hat. Dies wird eher zulässig sein, als die Annahme symptomatischer Beziehungen zwischen den gelösten chemisch nachweisbaren Stoffen und Infektionsgefahr, insofern die nicht pathogenen Bakterien auf denselben Wegen ins Wasser gelangt sind, wie die pathogenen.

Die symptomatische Verwertung der Zahl setzt indessen zunächst eine genauere Kenntnis darüber voraus, von welchen Einflüssen die Zahl der in einem Wasser vertretenen Bakterien abhängt.

Für die Herkunft und die Zutrittswege der Bakterien zu einer Wasserversorgung kommen offenbar zwei Wege in Betracht: a) Ein-

wanderung vom Boden aus, in erster Linie von der *Bodenoberfläche*. Von dieser aus werden die Bakterien durch Niederschläge, Schneeschmelze usw. in der Hauptsache zwar den Bächen, Flüssen und offenen Leitungen sowie den durch Klüfte mit der Oberfläche kommunizierenden Quellen zugeführt. Oft gelangen sie aber auch in Grundwasserbrunnen, indem sich unter der Deckung des Brunnens, durch Spalten zwischen der undichten Wandung und dem angrenzenden Erdreich, oder durch Spalten, die vom Schlammfang durch die Mauerung des Brunnens hindurchführen, gröbere Wege und mittels dieser Zuflüsse zum Brunnenschacht herstellen (s. S. 136 u. Fig. 17). In tieferen Bodenschichten finden sich solche Kommunikationen viel seltener. b) Zweitens kommen Keime in Betracht, die von der *Errichtung der Wasserentnahmestelle* herrühren. Beim Bau eines Brunnens, und wenn dieser auch nur im Eintreiben eines eisernen Rohres besteht, bei der Fassung einer Quelle, bei der Anlage und bei Reparaturen einer Leitung usw. werden durch Verschleppung oberflächlicher Bodenteilchen, durch das verwendete Material und durch die Arbeiter zahlreiche Keime eingebracht.

Die so in das Wasser gelangten Keime können sich dort entweder *vermehren*, oder *konserviert* werden; oder absterben bzw. mechanisch *wieder entfernt* werden.

Bezüglich der *Vermehrungsfähigkeit* im Wasser treten bei den einzelnen Bakterienarten große Verschiedenheiten hervor. Einige im Wasser häufig vorkommende Arten können sich ungemein reichlich vermehren, wenn auch das Wasser *noch so rein* und frei von organischen Beimengungen ist; sie werden als sog. „*Wasserbakterien*" bezeichnet. — Andere Arten und speziell die meisten pathogenen Bakterien vermehren sich im Wasser nicht oder doch nur für kurze Zeit und in unerheblichem Grade. Der Gehalt eines Wassers an organischen Substanzen zeigt zu der Zahl der entwickelten Bakterien weniger Beziehung als ein gewisser Salzgehalt. Stärkere Vermehrung von pathogenen Arten erfolgt hauptsächlich an schwimmenden festen Partikeln aus pflanzlichen und tierischen Detritus. *Konservierung* der Bakterien wird von allen Wässern, die den üblichen Salzgehalt aufweisen, geleistet; für pathogene Arten mindestens für Wochen, für viele Saprophyten erheblich länger. *Wiederentfernung* der Bakterien erfolgt teils durch Absterben, teils durch Absetzen, namentlich in ruhendem Wasser; bei benutzten Leitungen und Brunnen hauptsächlich durch die häufige Wasserentnahme; oft verzehren auch Infusorien große Mengen Bakterien. Pathogene, nicht fortgesetzt wuchernde Keime werden auf diese Weise gewöhnlich nach einigen Wochen wieder entfernt sein, falls nicht kontinuierliche Zufuhr zum Wasser stattfindet. Ein Teil der Bakterien pflegt aber jeder

Art von Entfernung, auch der mechanischen, sehr energisch zu widerstehen. Leitungsrohre, Brunnenrohre und -kessel zeigen meist eine schleimige Auskleidung der Wandungen, die hauptsächlich aus Bakterien besteht und die selbst durch stark fließendes Wasser nicht vollständig beseitigt wird.

In ein und demselben Wasser kommen erhebliche zeitliche Schwankungen des Bakteriengehaltes vor. Wässer aus Flachbrunnen zeigen im Sommer mehr Bakterien als im Winter; plötzliche starke Regengüsse bewirken in undichten Wasserreservoiren erhebliche Steigerungen des Bakteriengehaltes. Ferner pflegt durch längeres Pumpen die Anzahl der Mikroorganismen in den Brunnenwässern zu sinken; bei manchen Brunnen bleibt dieser Effekt aus, weil das Grundwasser selbst bakterienhaltig ist, oder weil starke verunreinigende Zuflüsse fortwährend in den Brunnen gelangen. Zuweilen bewirkt das Pumpen sogar eine Steigerung der Bakterienzahl durch Aufrühren des abgelagerten bakterienreichen Schlammes.

Aus vorstehendem ergibt sich, daß aus der Zahl der Bakterien Folgerungen für die Infektionsgefahr nur mit großer Einschränkung gezogen werden dürfen.

Nur wenn keine oder sehr wenige (unter 20 in 1 ccm) Keime in einem Wasser gefunden werden, ist ein sicherer Schluß zu ziehen, nämlich der, daß keine Infektionsgefahr vorliegt. Ein solches Resultat ist zu verlangen z. B. bei der Untersuchung eines für zentrale Wasserversorgung bestimmten Quell- oder Grundwassers.

Werden mäßige Mengen von Bakterien (20—200 in 1 ccm) in einem Wasser nachgewiesen, so ist Infektionsgefahr nicht dauernd ausgeschlossen, weil z. B. die groben Wege, auf denen die Bakterien zutreten, durch vorübergehende Trockenheit (Quellwässer im Sommer und Herbst) ungangbar und die vorher eingeführten Bakterien durch lebhafte Wasserentnahme wieder entfernt sein können.

Sind zahlreiche Bakterien (200—5000 und mehr) vorhanden, so können diese alle von der Brunnenanlage herrühren, zum großen Teil aus vermehrungsfähigen Wasserbakterien bestehen und daher unverdächtig sein; oder z. B. aus Dachtraufen in den Brunnen gelangt sein, dessen Lage im übrigen jeden Infektionsverdacht ausschließt; oder wirklich von dem Bestehen grober Zufuhrwege und vom Hineingelangen suspekter Zuflüsse herrühren. — Eine Entscheidung über die Bedeutung der gefundenen Zahl von Bakterien ist daher in den meisten Fällen durch einmalige Untersuchung nicht zu liefern.

Dagegen ist die Bakterienzählung von großer Bedeutung bei fortlaufender, täglicher Kontrolle. Alsdann ergibt sich eine Durchschnittsziffer, deren Überschreitung ein vortreffliches Warnungszeichen

liefert. Eine derartige Kontrolle ist namentlich für die Filterbetriebe bei Flußwasserversorgungen von größter Bedeutung (s. unten).

Die **Arten** von Bakterien, die im Wasser angetroffen werden, sind außer den erwähnten stark vermehrungsfähigen Wasserbakterien sehr mannigfaltig. Um Hinweise auf Infektionsgefahr aus der Art der Bakterien zu erhalten, suchte man früher die Zählung der verschiedenen in den Kulturen vertretenen Arten zu benutzen; oder die Zählung derjenigen Spezies, welche riechende Produkte liefern bzw. die Gelatine verflüssigen. — An Stelle dieser aussichtslosen Verfahren ist jetzt die tunlichst quantitative Ermittelung derjenigen Bakterien getreten, welche thermophil und als Colibakterien anzusprechen sind. Unter B. coli im allgemeinen versteht man alle kurzen gramnegativen, sporenlosen, beweglichen Stäbchen, die Traubenzucker unter Säure- und Gasbildung vergären; unter „typischen" oder „echten", dem Darm des Menschen und der Warmblüter entstammenden Coliarten solche Stämme, welche Milchzucker unter Säure- und Gasbildung vergären, Milch zur Gerinnung bringen, Neutralrot in gelblich fluoreszierenden Farbstoff verwandeln, in Peptonlösung Indol bilden, und bei 37°, nach Eijkman sogar bei 46°, in Dextrosebouillon (1 % + 1 % Pepton + 0,5 % ClNa) Gärung und Gasbildung bewirken. Die quantitative Bestimmung erfolgt durch die Plattenmethode oder dadurch, daß verschiedene Mengen des zu untersuchenden Wassers (0,1 ccm, 1,0 ccm, 10 ccm, 100 ccm) mit konzentrierter Milchzuckernährlösung versetzt werden, und daß festgestellt wird, welche kleinste Menge bereits ein positives Resultat ergibt („Thermophilen- bzw. Colititer"). — Die Deutung der Resultate ist oft schwierig. Coliarten aus menschlichem bzw. tierischem Darm lassen sich nicht unterscheiden; auch im Darm von Kaltblütern finden sich thermophile Colistämme. In jedem Kulturboden, in jedem Oberflächenwasser sind solche Coliarten vorhanden; ins Grundwasser können sie durch Oberflächenzuflüsse gelangen, ebenso aber auch durch die Wasserversorgungs anlage, durch Reparaturen, durch unverdächtige Zuflüsse von der Oberfläche usw. Vereinzelte Colibakterien werden daher das Urteil zweifelhaft lassen; vollständiges Fehlen von Colibakterien zeigt an, daß momentan kein Zutritt von Fäzesbestandteilen erfolgt ist; eine größere Zahl Colibakterien läßt dagegen das Wasser immer verdächtig erscheinen. — Besonderen Wert hat die Probe bei fortlaufender Kontrolle des gleichen Wassers; plötzliches Auftreten, bei Flußwässern auch ungewöhnliche Steigerung der Colizahl, wird zu Bedenken und zur Revision der Anlage Anlaß geben.

5. **Die Ortsbesichtigung.** Da bezüglich der Beurteilung der Infektionsgefahr eines Wassers die chemische Untersuchung ganz, die bakteriologische Untersuchung häufig im Stich läßt, ist eine weitere Ergänzung

der Methoden dringend erwünscht. Diese wird durch die Besichtigung der Wasserentnahmestelle geliefert, die darauf ausgeht, festzustellen, ob gröbere Wege für Verunreinigung des Wassers wahrnehmbar sind, von denen aus gelegentlich eine Infektion des Wassers erfolgen kann. Die Ortsbesichtigung geht weiter, als die chemische und bakteriologische Untersuchung zu einem bestimmten Zeitpunkt entnommener Proben; denn sie sucht zu ermitteln, ob in absehbarer Zeit die Möglichkeit einer Infektion des Wassers vorliegt.

Bei Bach- und Flußwässern ist darauf zu achten, ob irgendwo Abwässer des menschlichen Haushalts, Dejekte von Menschen und Tieren usw. Zugang zum Wasser finden; ob Reinigung von Wäsche

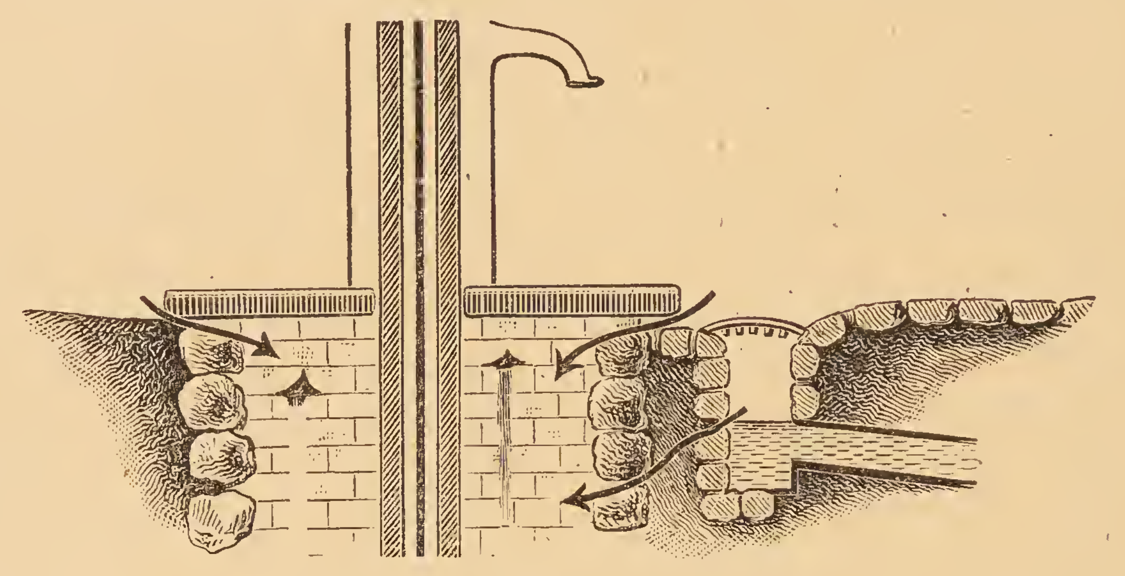


Fig. 17. Schlechter Schachtbrunnen.

stattfindet (Waschbänke); ob Schiffe auf dem Flusse verkehren und in welchem Umfang. — Bei Quellwässern ist festzustellen, ob sie nicht weiter oberhalb aus oberflächlichen Rinnsalen entstehen; ob im Bereich der letzteren gedüngte Wiesen liegen oder gelegentlich eine größere Anzahl von Wald-, Wegearbeitern usw. sich dort aufhält; ob sichtbare Kommunikationen mit Bächen und Flüssen bestehen; auf solche läßt sich in manchen Fällen durch Eingießen leicht erkennbarer Substanzen oder Bakterien prüfen (s. unten).

Bei Grundwasserbrunnen ist zunächst die oberflächliche Umgebung zu mustern; es ist zu ermitteln, ob das Terrain so geneigt ist, daß oberflächlich sich ansammelndes Wasser (nach starkem Regen, bei Schneeschmelze) nach dem Brunnen zu abläuft. Ferner ist zu beachten, ob der Brunnenkranz das Niveau überragt, ob Defekte in der Mauerung, in der Deckung, am Schlammfang oder an dem das überschüssig ausgepumpte Wasser abführenden Rinnstein vorhanden sind, durch welche Spülwasser von Wäsche, Geschirren usw. in den Schacht gelangen kann. Sodann ist der Brunnen womöglich aufzudecken, stark abzupumpen, und der Schacht im Innern abzuleuchten; haben Einläufe von Abwässern, Spülflüssigkeiten oder Niederschlagwasser stattgefunden, so pflegen sich

dunkle oder graue Streifen an der Wandfläche zu zeigen. Auch in größerer Tiefe zutretende Einläufe können oft in dieser Weise erkannt werden. — Sind trotz dringenden Verdachts gröbere Wege zwischen Oberfläche und Brunnen (oder zwischen Quellen und Flüssen, s. oben) nicht ohne weiteres zu ermitteln, so kann durch Eingießen von Fluoreszin-(Uraninkali) oder Saprollösungen oder auch von Aufschwemmungen von Hefe, B. prodigiosus bzw. Wasservibrionen, die man durch Einsaat reichlicher Wasserproben in Zuckerlösung bzw. geeignete Nährsubstrate wiederzufinden versucht, auf bestehende Kommunikationen geprüft werden.

Die in dieser Weise vorgenommene Ortsbesichtigung ist geeignet, die wertvollsten Aufschlüsse über die Infektionsgefahr eines Wassers zu geben, meistens besser als die bakteriologische und die chemische Untersuchung. Der letzteren ist sie außerdem noch überlegen in dem Nachweis der Appetitlichkeit des Wassers. Diese ergibt sich aus sinnfälligen Vernachlässigungen der Umgebung einfacher und zuverlässiger als aus dem vieldeutigen Resultat der chemischen Prüfung.

Entschieden verwerflich ist die Methode, welche man immer noch hier und da anwendet, um festzustellen, ob durch Wasser die Ausbreitung einer Epidemie verursacht ist, und die darin besteht, daß das verdächtigte Wasser einem Chemiker oder Apotheker zur Untersuchung zugesandt wird. Dieser gibt sein „Gutachten" dahin ab, daß das Wasser wegen hohen Gehaltes an organischen Stoffen, Chloriden, Nitraten usw. schlecht, gesundheitsgefährlich und infektionsverdächtig sei. Damit wird dann die Ätiologie als genügend geklärt angesehen: Das „schlechte" Wasser hat den Typhus veranlaßt. Würde man sich aber in solchen Fällen die Mühe geben, auch die benachbarten Brunnen aus typhusfreien Häusern zur Untersuchung heranzuziehen, so würde man sicher dort oft die gleichen oder noch wesentlich höhere Zahlen finden. Nach den oben gegebenen Darlegungen über die Verschiedenheit der Wege für die Infektionserreger einerseits, für die gelösten, chemisch nachweisbaren Verunreinigungen des Wassers andererseits kann ein solches Verhalten auch durchaus nicht überraschen. Angesichts der ungeheuren Verbreitung unreiner Brunnen innerhalb der Städte ist es daher völlig unzulässig, in der chemisch schlechten Beschaffenheit eines einzelnen Brunnens einen Beweis für die Infektiosität des Wassers zu sehen, und unter allen Umständen sind bei jeder Epidemie nicht einseitig die Wasserversorgung, sondern auch die übrigen Verbreitungswege der Krankheitserreger sehr wohl in Rechnung zu ziehen.

D. Die Wasserversorgung.[1]

1. Lokale Wasserversorgung.

Einzelne Haushaltungen können sich mit Regenwasser, Bachwasser, Quellwasser oder Grundwasser versorgen. Regen-

[1] Vgl. die am 16. Juni 1906 vom Bundesrat herausgegebene „Anleitung für die Einrichtung, den Betrieb und die Überwachung öffentlicher Wasserversorgungs-

wasser kommt nur in Betracht, wo andere Wasservorräte fehlen. Das vom Dach aufgefangene Regenwasser wird in wasserdichten, gedeckten Gruben, Zisternen, gesammelt, nachdem es womöglich vorher eine aufsteigende Filtration durch feinen Sand durchgemacht hat. Man vermeidet die nach längerer Trockenheit zuerst fallenden Niederschläge. — Bach- (und Teich-)wasser ist stets suspekt und es bedarf genauer

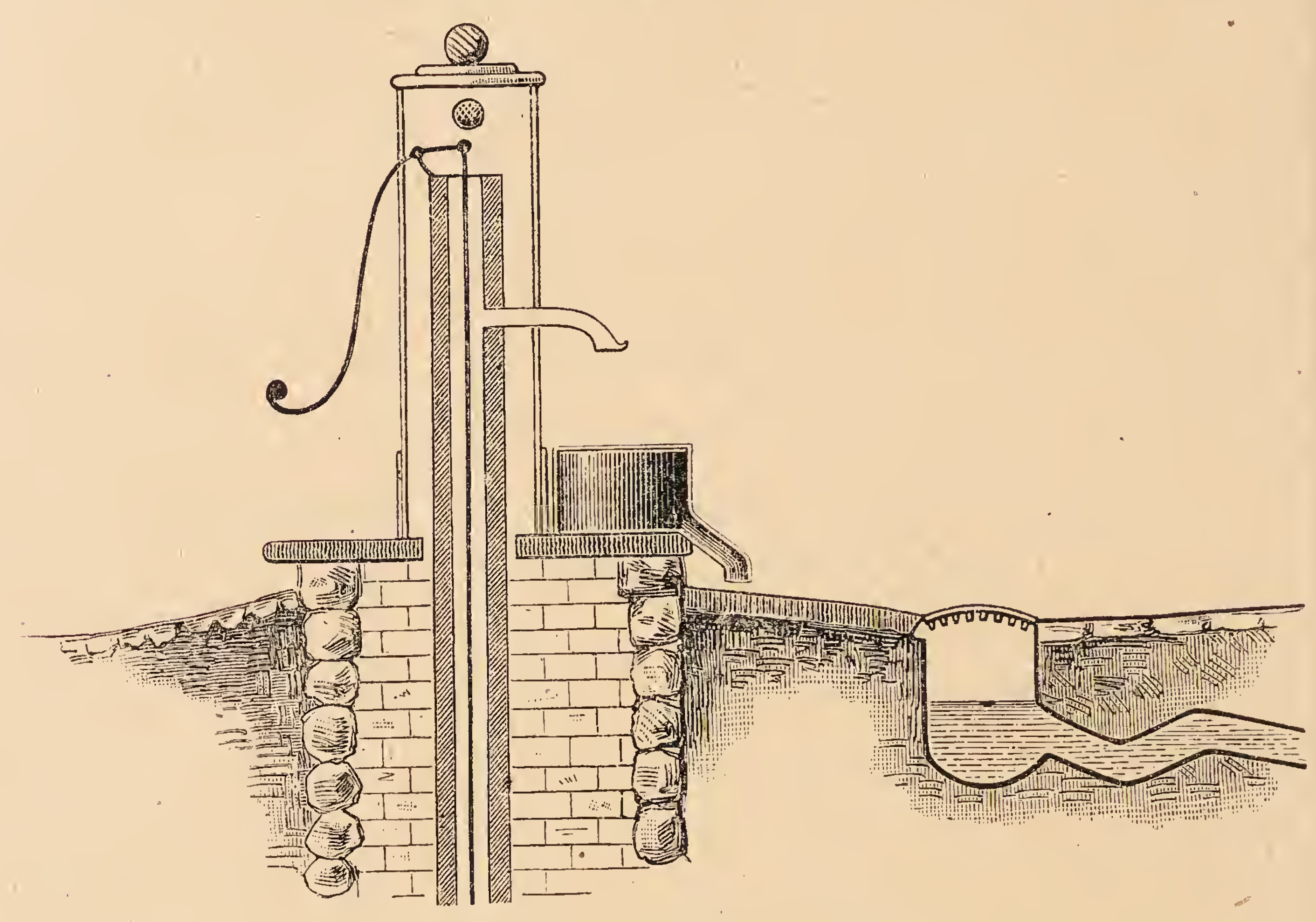


Fig. 18. Guter Schachtbrunnen.

Lokalinspektion, ehe ausnahmweise die Benutzung solchen Wassers als Trink- oder Brauchwasser gestattet werden kann. Quellen sind in einer Weise zu fassen, daß sie gegen jede Verunreinigung von außen geschützt sind; auch die Leitung muß vollkommen geschützt sein.

Für die Hebung des Grundwassers sind Kesselbrunnen oder Röhrenbrunnen in Gebrauch. Die **Kesselbrunnen** (Schachtbrunnen) müssen in ihrem oberen Teil völlig dicht gemauert sein, so daß das Eindringen des Wassers nur unten erfolgt; ferner muß der Brunnenkranz mindestens 20 cm die Oberfläche überragen; oben muß ein dichter Abschluß vorhanden sein; dem Terrain muß eine solche Neigung gegeben werden, daß das Brunnenrohr auf dem höchsten Punkte steht; in einem

anlagen", Veröffentlichungen des Kaiserl. Gesundheitsamts 1906 Nr. 30, oder Zeitschr. f. Medizinalbeamte 1906 Nr. 17. — Untersuchungen nach diesen Gesichtspunkten werden in Preußen ausgeführt von der Königl. Landesanstalt für Wasserhygiene, Berlin-Dahlem.

größeren Umkreis darf keine Verunreinigung der Oberfläche geduldet werden. Sehr zweckmäßig ist es, den Brunnenschacht 1—1½ m unter der Bodenoberfläche zu decken und dann eine Schicht von Feinsand oder Lehm aufzulagern, so daß etwaige Zuflüsse diese Schicht passieren müssen. Das Saugrohr aus dem Kessel ist in diesem Falle unterirdisch eine Strecke weit horizontal zu führen, so daß die Pumpe an ganz anderer Stelle (bei Nähe des Hauses z. B. im Keller) sich befindet, wie der nach oben dicht abgeschlossene und von einer starken Erdschicht überlagerte Kessel. Für das ablaufende Wasser ist ein wasserdichter eiserner Trog mit dichter Ablaufrinne herzustellen (Fig. 18).

Sehr häufig sind indes die Kesselbrunnen leicht einer Infektion ausgesetzt; außerdem ist eine Reinigung und Desinfektion relativ schwierig.

Besser sind die eisernen **Röhrenbrunnen** zur Wasserversorgung geeignet, bei welchen entweder ein unten durchlochtes eisernes Rohr in die Grundwasser führende Schicht des Bodens eingerammt wird (Abessinierbrunnen) (Fig. 19). Das umgebende Erdreich legt sich dem Rohr als fester Mantel an, so daß ein Einfließen von Verunreinigungen unmöglich ist. O d e r , häufiger, wird zunächst ein Bohrrohr von 50 cm Weite in den Boden gedrückt, der darin befindliche Boden durch Wasser ausgespült, und dann das eigentliche „Brunnenrohr“ im Inneren des Mantelrohrs eingesenkt. Der Mantelraum wird mit reinem Feinkies gefüllt und schließlich das Mantelrohr so weit heraufgezogen, daß der untere, den „Sauger“ tragende Teil des Brunnenrohrs frei im Grundwasser liegt und in dem meist zementierten, 1—2 m tiefen Brunnenschacht kein Wasser zwischen die beiden Rohre laufen kann. In das Brunnenrohr wird das zur Pumpe führende eigentliche Pumprohr eingebracht.

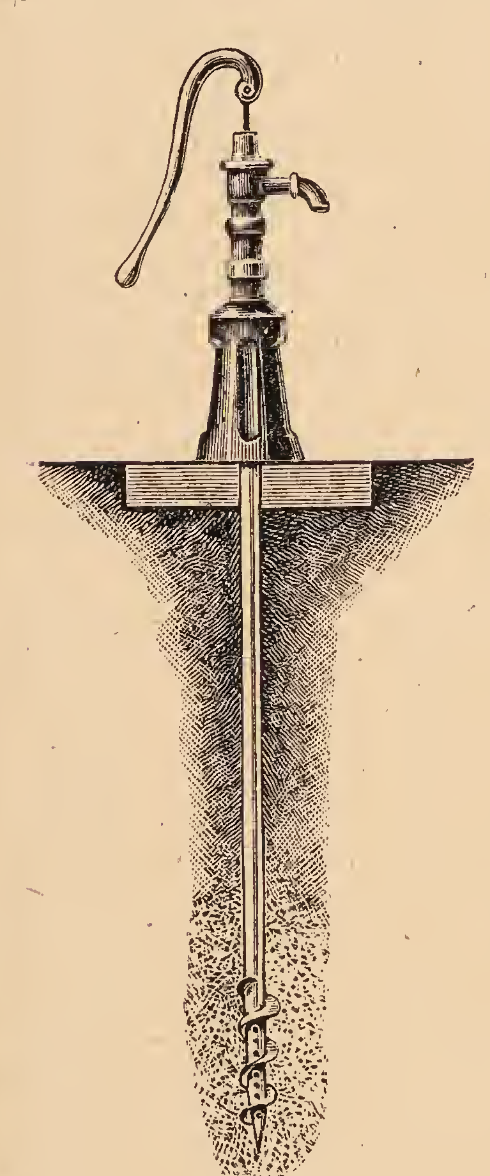


Fig. 19. Röhrenbrunnen.

Diese Brunnen sind l e i c h t z u d e s i n f i z i e r e n. Schon einfaches Auspumpen und mechanische Säuberung des Rohrs mittels geeigneter Bürsten liefert fast keimfreies Wasser; durch Eingießen einer 5prozentigen Mischung von roher Karbolsäure und Schwefelsäure, oder von Kalkmilch oder Chlorkalkmilch, oder auch durch Einleiten von Dampf von 100° für einige Stunden kann das Wasser für mehrere Tage völlig keimfrei gemacht werden. — Gegenüber den Kessel-

brunnen haben die Röhrenbrunnen nur dann einen erheblichen Nachteil, wenn innerhalb kurzer Zeit ausgiebige Wasserentnahme erforderlich ist; in diesem Fall ist das bei den Kesselbrunnen vorhandene größere Reservoir unentbehrlich.

Ist das Grundwasser e i s e n h a l t i g, so läßt sich das Wasser zuweilen eisenfrei zutage fördern, wenn der Brunnenschacht einen Mantel bekommt, der mit Stücken Ätzkalk (Weißkalk) gefüllt ist, und wenn auch

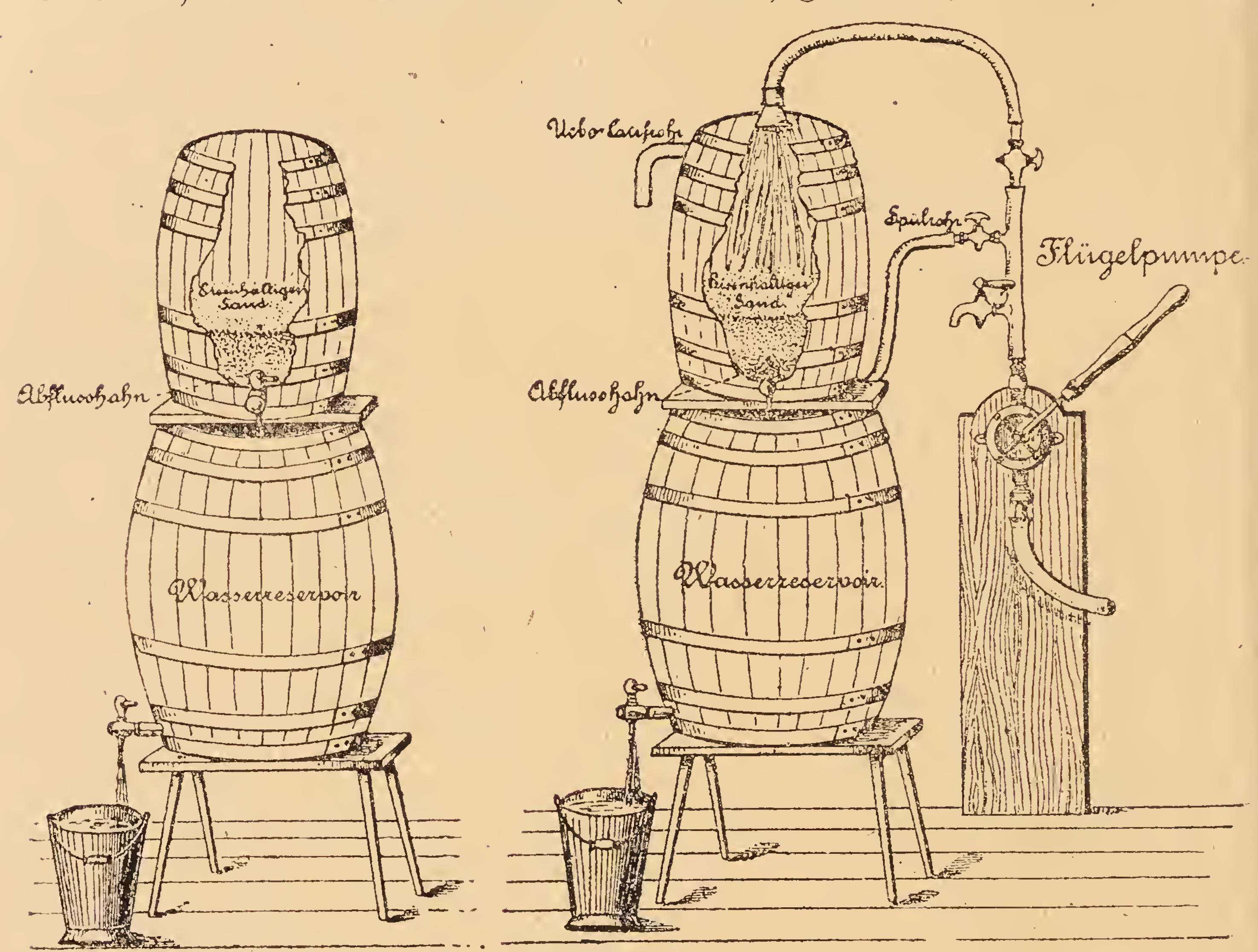


Fig. 20. Enteisenung des Wassers bei Brunnenanlagen (nach Dunbar).

der Boden des Schachts mit einer Kalklage bedeckt wird. — Bei manchen eisenhaltigen Wässern versagt indes dies Verfahren. Hier muß, entsprechend der unten erläuterten, im Großbetrieb angewendeten Methode, eine Filtration des Wassers durch ein Grobsandfilter eingerichtet werden, und bei reichlichem Eisengehalt muß noch eine Lüftung des Wassers durch Niederfall aus einer Brause vorausgehen.

In einfacher Form stellt Fig. 20 den dazu erforderlichen Apparat dar, der aus einem Filterfaß und einem Faß für das durchfiltrierte reine Wasser besteht. Ersteres erhält eine 30 cm hohe Schicht Sand von 1—1½ mm Korngröße; die Sandschicht wird mit einem 1 mm dicken, vielfach durchlochten Zinkblech bedeckt. Der Einlauf des Hahns wird durch Messingdrahtnetz gegen Eindringen von Sandteilchen geschützt. Das Filter muß über Nacht bei geöffnetem Hahn leer stehen; alle 2 bis 4 Monate muß das Filter durch Aufrühren und Waschen des Sandes

gereinigt werden. — In Fig. 20 ist der Apparat mit Anwendung einer Flügelpumpe und Brause abgebildet; hier ist ein Spülrohr angeschlossen, durch das die Reinigung bequemer erfolgen kann. Um das Filter vor Frost zu sichern, wird es am besten im Keller aufgestellt. — Oder die Enteisenungsanlage wird in einem besonderen unterirdischen Schacht angeordnet (Firma Bieske, Königsberg i. Pr., Deseniss u. Jakobi, Hamburg).

2. Zentrale Wasserversorgung.

Zentrale Versorgungen sollten soviel als möglich in größeren und kleineren Städten eingeführt werden. Auf diese Weise kann der stets verunreinigte städtische Untergrund umgangen und also ein viel appetit-

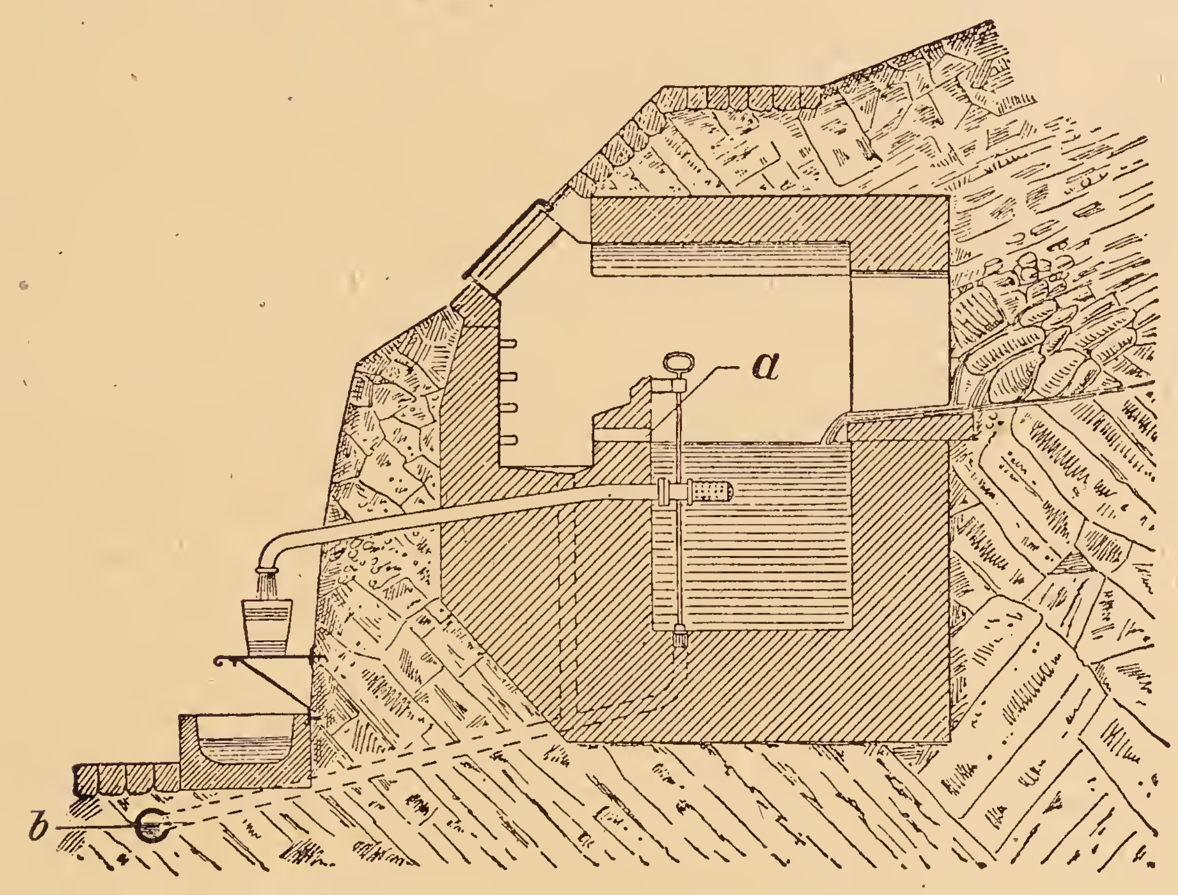


Fig. 21. Brunnenstube (nach Gärtner).
a = Überlauf, in das Ablaufrohr führend; b = Grundablaß.

licheres Wasser beschafft werden; die Gefahr, daß gelegentlich pathogene Pilze in das Wasser gelangen, kann bei guter Auswahl der Entnahmestelle und guter Deckung der ganzen Anlage auf ein Minimum reduziert werden. Dabei wird durch die außerordentlich bequeme Lieferung reichlichster Wassermassen die Bevölkerung zur Reinlichkeit erzogen und ein Quantum von Arbeitskraft und Zeit erspart, das in nationalökonomischer Beziehung nicht zu unterschätzen ist; außerdem wird eine wesentlich größere Garantie für das Löschen entstandener Brände gegeben.

Die Entnahme geschieht dabei entweder aus Quellen. Diese müssen nach aufmerksamer Lokalinspektion und wiederholter bakteriologischer Prüfung (namentlich nach reichlichen Niederschlägen) gefaßt werden, um den Bestand derselben zu sichern, gleichmäßigen Betrieb zu erzielen und Verunreinigungen fernzuhalten (Brunnenstube, Fig. 21).

Reichliche Quellen in der Nähe der Stadt liefern die beste und billigste Bezugsquelle; bei sehr langen Leitungen (wie z. B. Wien 97 km, Frankfurt 82 km) werden die Kosten bedeutend. Die Qualität des Wassers ist meist gut, doch oft die des Grundwassers nicht übertreffend. Die Quantität ist schwer abzuschätzen und schwankt in wenig erwünschter Weise; es sind durch plötzliche Verminderung der Wassermenge schon große Kalamitäten entstanden. Daher ist eine unbedingte Empfehlung der Quellwasserleitungen nur in Gebirgsgegenden zulässig, wo überreichlich Quellen zu Gebote stehen.

Oder die Entnahme erfolgt aus dem Grundwasser. Dann werden Sammelbrunnen angelegt an einer Stelle der betreffenden Gegend, in welcher reines und reichliches Grundwasser vorhanden ist. Letzteres findet man namentlich in der Nähe der Flüsse, die den tiefsten Punkt der Talsohle bezeichnen; doch ist zu beachten, daß von vielen Flüssen aus bei Hochwasser

Fig. 22. Enteisenungsanlage nach Piefke.

Keime in das Grundwasser übertreten können, die bei grobkörnigem Boden auf 100—200 m Entfernung horizontal fortgeführt werden, und daß in Überschwemmungsgebieten mit lockerem Boden ein rascher vertikaler Durchtritt keimhaltigen Wassers unter dem Druck des Überschwemmungswassers möglich ist, begünstigt durch das massenhafte Entweichen der in der trockenen Bodenzone enthaltenen Luft. Bezüglich der Reinheit ist es wichtig, daß keine Ortschaften im Gebiet des betreffenden Grundwassers liegen, ferner kein stark gedüngtes Land, namentlich nicht Gartenland, sondern besser Wiese und Wald (in dieser Beziehung ist Inundationsterrain günstig), und daß die filtrierende Bodenschicht feinkörnig und von genügender Höhe ist. Unangenehme

Erfahrungen hat man mit tiefreichenden Baumwurzeln gemacht; sie können Zutritt von keimhaltigem Oberflächenwasser begünstigen, und unter Umständen durch reichliche Wucherung Sammelröhren verstopfen. — Das Wasser ist auf seine Keimfreiheit, teils durch Eintreiben von

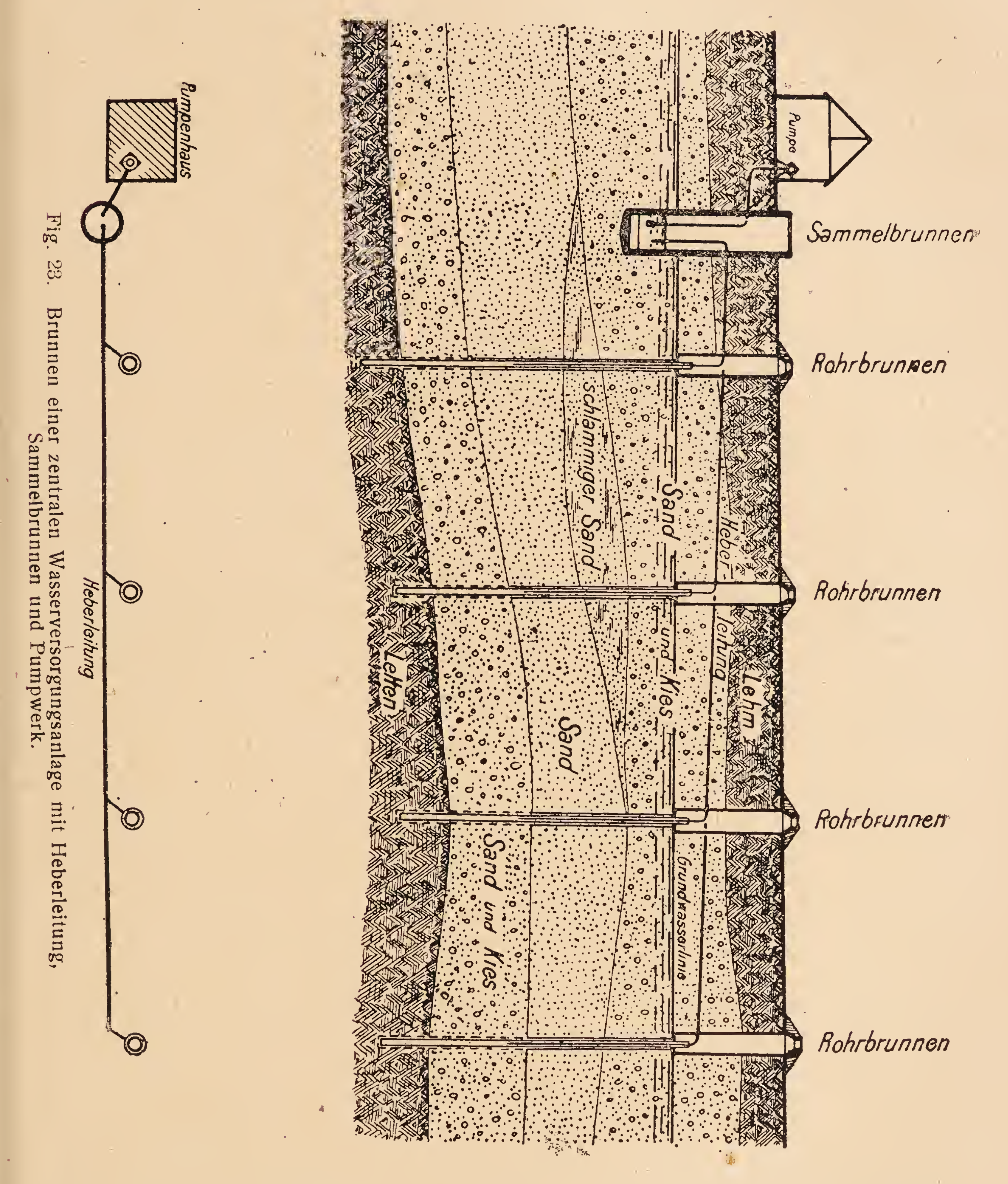


Fig. 23. Brunnen einer zentralen Wasserversorgungsanlage mit Heberleitung, Sammelbrunnen und Pumpwerk.

Röhrenbrunnen, Desinfektion derselben und Probenahme nach anhaltendem Abpumpen, teils durch Begutachtung der das Grundwasser deckenden Bodenschichten zu prüfen. Außerdem ist es einer genauen chemischen Analyse zu unterwerfen; namentlich ist auch darauf zu achten, ob Eisen oder Mangan im Wasser auftritt. Findet sich Eisen in

solcher Menge, daß das Wasser trübe und unappetitlich wird, ist aber im übrigen nichts gegen das betreffende Wasser einzuwenden, so braucht darum noch nicht auf die Benutzung desselben zur Wasserversorgung verzichtet zu werden. Das Eisen läßt sich vielmehr relativ leicht aus dem Wasser entfernen, wenn man letzteres (eventuell nach regenartigem Fall) über eine Schicht von Koksstücken (Ziegelstücke, Holzlattengerüste usw.) rieseln läßt; auf diese Weise wird es so stark durchlüftet, daß die ganze Menge des Eisenbikarbonats rasch und vollständig in Eisenoxydhydrat verwandelt wird; die Flocken von Eisenoxydhydrat und auch kolloidal gelöstes Eisenhydroxydsol bleiben im Filter zurück; 1 qm eines solchen Filters filtriert pro Tag 20 cbm eisenfreies Wasser (s. Fig. 22). Geschlossene Riesler sind vorzuziehen; besonders kompendiöse Form kann bei Einpressung bestimmter Luftmengen eingehalten werden (Deseniss u. Jacobi; Breda).

Ist das Fe in Form von Eisensulfat vorhanden, so gelingt die Enteisenung durch Lüftung schwieriger und nur unter Bildung von freier Schwefelsäure. Ferner bleibt begleitendes Mangan beim Rieseln meist unausgeschieden. In diesen Fällen ist womöglich ein anderes Wasser zu beschaffen; geht dies nicht, so ist eine Entmanganung durch künstliche Zeolithe (Gans sche Permutite) zu versuchen, Natrium-Aluminium-Doppelsilikate, die das Na gegen Mn (ebenso auch Ca) austauschen und durch Behandlung mit ClNa wieder regeneriert werden können.

In das geeignet befundene Wasserterrain werden ein oder mehrere Fassungsbrunnen (gewöhnlich eiserne Röhrenbrunnen von 20 cm Durchmesser und mehr) eingebaut, welche meist mit einer Heberleitung untereinander verbunden werden (s. Fig. 23); oder es werden aus Sickergräben und Drainrohren Sammelgalerien gebildet.

Gewöhnlich ist Grundwasser relativ billig zu haben; allerdings erhöhen sich die Kosten der Anlage dadurch, daß es im Gegensatz zu dem Quellwasser künstlich gehoben werden muß. Aber dafür ist die Entfernung und die Länge der Leitung geringer. Die Qualität steht gewöhnlich dem Quellwasser kaum nach; die Quantität bietet bei sorgsamer Auswahl des Terrains meist keine Schwierigkeiten und kann unter Umständen durch künstliches Bewässern geeigneten Bodens mit Flußwasser vermehrt werden (jedoch mit solcher Vorsicht, daß Keimfreiheit und Temperatur nicht alteriert werden!).

Drittens wird Flußwasser benutzt; jedoch sollte dies nie ohne vorhergehende Reinigung geschehen (s. S. 118). Zu dieser benutzt man am häufigsten die zentrale Filtration durch Sand.

Die den Sand aufnehmenden Bassins sind gewöhnlich 2—4000 qm groß, aus Mauerwerk und Zement wasserdicht hergestellt, in manchen Städten zur Vermeidung von Eisbildung überwölbt. Am Boden befindet sich eine Reihe von Sammelkanälen. Das Filter selbst ist folgendermaßen zusammengesetzt: von unten bis 305 mm Höhe große Feldsteine, dann kleine Feldsteine in Schichthöhe von 102 mm, darauf grober

Kies 76 mm, mittlerer Kies 127 mm, feiner Kies 152 mm, grober Sand 51 mm, scharfer Sand 559 mm; gesamte Höhe 1372 mm. Nur die Sandschicht von 50 bis 60 cm Höhe wird als eigentliche Filtrierschicht angesehen.

Ein solches Filter wird zunächst gefüllt, bis das Wasser zirka 1 m hoch über der Oberfläche steht. Früher nahm man an, daß der wesentlichste Teil des Filters durch eine Haut von Sinkstoffen gebildet wird, die aus Algen und Bakterien besteht, und für den der Sand wesentlich nur die Stütze darstellt. Hierdurch sollte erst die eigentliche Zurückhaltung der im Wasser enthaltenen Bakterien stattfinden, und des-

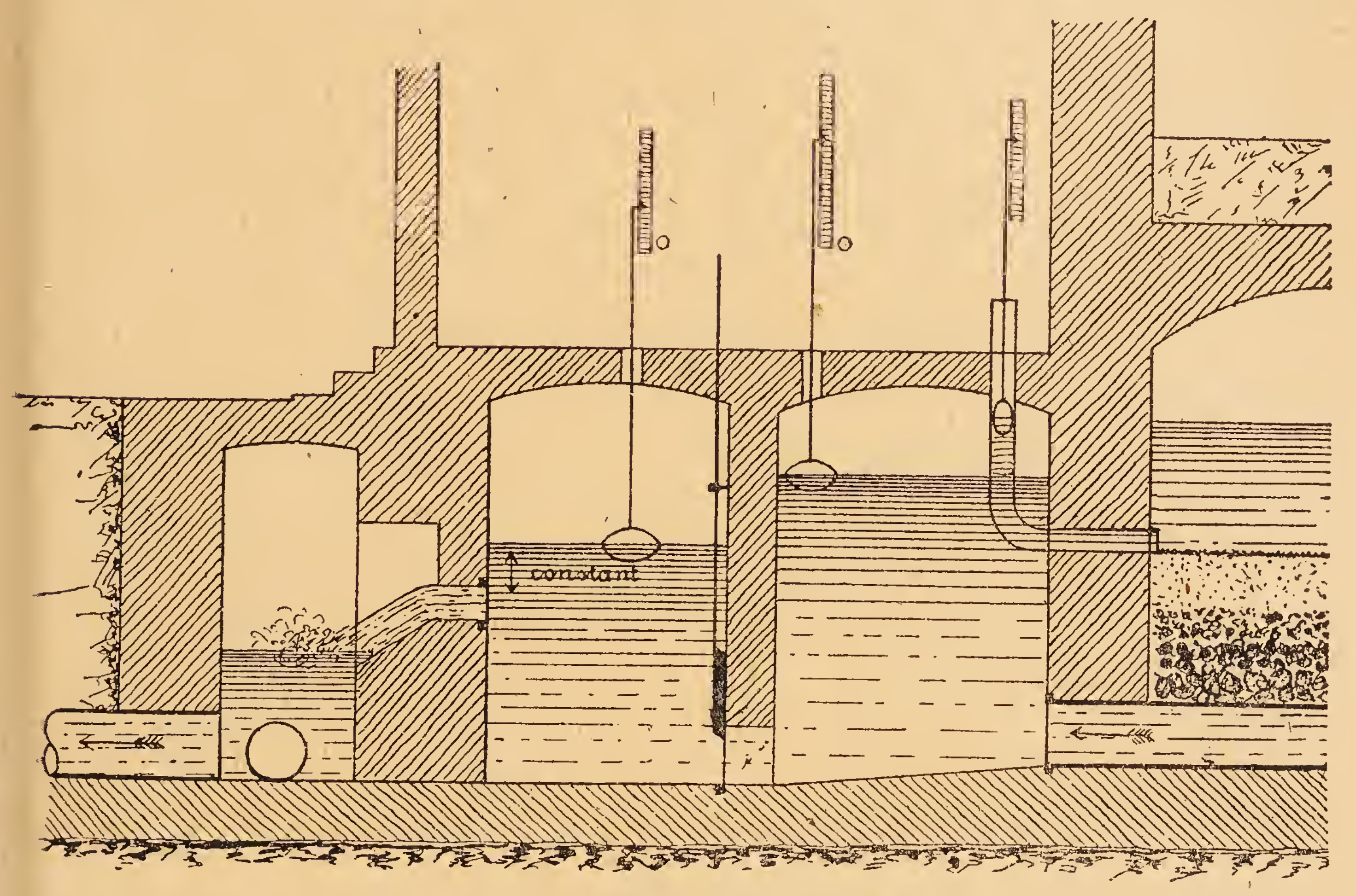


Fig. 24. Filter mit Regulierung nach Gill.
In der dem Filter zunächst gelegenen Kammer wird durch die Differenz der beiden Schwimmerstände die Filtrierdruckhöhe gemessen. In der zweiten Kammer wird durch Regulierung der Schieberstellung die filtrierte Wassermenge konstant erhalten.

halb hielt man darauf, daß ein frisch gefülltes Filter längere Zeit ruhig gehalten wurde, um die Häutchenbildung zu ermöglichen. Kisskalt hat indessen neuerdings festgestellt, daß die Wirkung der Filter nur zum geringeren Teil mechanisch, zum größeren dagegen biologisch ist, indem die Bakterien von den im Filtersand befindlichen Protozoen und Algen vernichtet werden. Dies ergibt sich u. a. daraus, daß Eingießen von Protozoen tötenden Stoffen, wie Chinin, Saponin, die Wirkung des Filters aufheben. — Im Anfang genügt ein Druck von wenigen Zentimetern, um ausreichende Förderung des Filters zu erzielen. Allmählich bei zunehmender Verschleimung des Filters, muß man aber mit dem Druck immer höher steigen, um die gleiche Wassermenge durchzutreiben; gleichzeitig wird die qualitative Leistung immer besser. Zuletzt kommt man an eine Grenze: Beträgt die Druckdifferenz, bei welcher die mindestens erforderliche Wassermenge gewährt wird, mehr als 60 cm, so ist Gefahr, daß das Filter aufgerührt wird. Bei geringerem Druck wird aber schließlich die Wassermenge zu gering, und es bleibt dann nichts übrig, als Reinigung des Filters, d. h. es wird zunächst durch eine besondere

Entwässerungsanlage alles Wasser abgelassen, und dann wird die oben lagernde braunschwarze Schlammschicht, die gewöhnlich nur einige Millimeter dick ist, abgetragen, höchstens bis 2 cm in den Sand hinein. Es macht für die Filterwirkung nichts aus, wenn auch die Sandschicht bis auf ⅓ ihrer Stärke aufgebraucht wird.

Filtrationsdruck und Fördermenge müssen fortgesetzt beobachtet werden. Die Sammelkanäle der Filter stehen mit dem gemeinsamen Reinwasserreservoir in Verbindung. Am Ausfluß des Reinwasserkanals ist eine Schiebervorrichtung, mittels welcher die Menge des abfließenden Wassers reguliert werden kann. Aus der Stellung dieses Schiebers wird auf den Filtrationsdruck geschlossen; die quantitative Leistung des einzelnen Filters dagegen wird aus der Stellung des Schiebers in der Zuflußleitung bestimmt. — An neueren Filtern pflegt man Gillsche Meß- und Regulierungskammern anzubringen, wie sie in Fig. 24 dargestellt sind.

Die Geschwindigkeit der Wasserbewegung beträgt gewöhnlich höchstens 100 mm pro Stunde; die Fördermenge stellt sich dann auf 0,1 cbm pro Stunde und 1 qm Filterfläche. Rechnet man pro Kopf und die Stunde des maximalen Konsums 10 Liter Wasserverbrauch, so ist bei der angegebenen Geschwindigkeit für je zehn Menschen 1 qm Filterfläche erforderlich; für 300 000 also 30 000 qm. Dazu kommt eine beträchtliche Reservefläche, welche der zeitweisen Ausschaltung eines Filters behufs Reinigung bzw. Auffüllung Rechnung trägt.

Die Leistung der Filter bezüglich der Qualität des Wassers besteht darin, daß die organischen Stoffe und das NH_3 verringert werden; HNO_3 wird wenig, Cl. gar nicht beeinflußt. — Die Bakterien werden im ganzen gut abfiltriert. Im Durchschnitt findet man 50 bis 200 in 1 ccm. Diese stammen zum Teil von den Bakterien her, welche dem Material der tieferen Filterschichten von vornherein anhaften; zum Teil entstammen sie aber dem unreinen Wasser. Es hat sich gezeigt, daß die Filter niemals völlig keimdicht arbeiten, sondern daß ein kleiner Bruchteil der aufgebrachten Bakterien regelmäßig in das Filtrat gerät; je zahlreicher die Bakterien im unfiltrierten Wasser sind, um so höher steigt auch der Bakteriengehalt des Filtrats, und zwar nicht nur absolut, sondern auch relativ. Ferner ist die Leistung des Filters in hohem Maße von der Temperatur abhängig; bei Kälte ist sie viel geringer, was sich aus der verminderten Tätigkeit der Protozoen erklärt. — Am günstigsten ist die Wirkung der Filter bei langsamer Filtration, ferner bei Vermeidung stärkerer Druckschwankungen und überhaupt aller Unregelmäßigkeiten im Filterbetrieb. Unter solchen Umständen wird die Zahl der Bakterien auf $^1/_{1000}$ und oft noch stärker reduziert, und damit kommen die Infektionschancen so gut wie ganz in Wegfall.

Eine gefährliche Periode bleibt aber immerhin die Zeit, wo ein gereinigtes Filter neu in Benutzung genommen wird. Alsdann sollen die während der ersten Tage durchfiltrierten Wassermengen unbenutzt bleiben. — Ferner kommen bei jedem Filtrierbetrieb gelegentlich noch außergewöhnliche Störungen des Betriebes vor; entweder kann die Reinigung nicht zur Zeit erfolgen und die Filterdecke reißt; oder es muß die

abgenutzte Sandschicht erneuert werden; oder das Flußwasser ist durch das Hochwasser stark mit lehmigen Partikeln getrübt, so daß die Filter rasch undurchlässig werden; oder das Wasser enthält zu wenig Plankton und es bilden sich Rinnsale, durch die das Wasser zu rasch abläuft; oder im Winter hemmt die Kälte die Wirkung der Protozoen. In allen diesen Fällen treten große Mengen von Bakterien im Filtrat auf, und das ist natürlich um so bedenklicher, als die Flußwässer einer Verunreinigung mit pathogenen Keimen ganz besonders exponiert zu sein pflegen.

Die Wasserversorgungen mit filtriertem Flußwasser sind daher hygienisch nur zulässig bei strenger Überwachung des Betriebes. Vor allem muß durch tägliche bakteriologische Untersuchung der einzelnen Filterabläufe kontrolliert werden, daß durchschnittlich nicht mehr als ungefähr 100 Bakterien in 1 ccm hindurchtreten. Dies Resultat ist erfahrungsgemäß nur zu erreichen, wenn Störungen des Filterbetriebs ferngehalten werden.

Die Bakterienzählung wird in der Regel durch Aussaat des Wassers auf Gelatineplatten nach den S. 144 gegebenen Vorschriften ausgeführt. — Um nicht erst nach 48 Stunden, sondern womöglich schon nach 2—3 Stunden ein annäherndes Resultat zu erhalten, hat P. Th. Müller empfohlen, in dem Wasser durch Liq. ferri oxychlor. einen Niederschlag herzustellen, nach Zentrifugieren diesem Gentianaviolettlösung zuzusetzen und dann die gefärbten Bakterien unter Einhaltung bestimmter quantitativer Verhältnisse mikroskopisch zu zählen. Zur orientierenden Bestimmung scheint das Verfahren bei manchen Wässern verwendbar zu sein, und kann dann frühzeitig auf Verunreinigungen des Rohwassers aufmerksam machen. — Wichtig ist auch in kritischen Zeiten die Bestimmung des Colititers (s. S. 135).

Eine Verbesserung des Filtrationseffekts wird durch das von Goetze in Bremen angewendete Verfahren erreicht, wonach bei ungenügender Leistung der Filter das Filtrat einem Durchgang durch ein zweites Filter unterworfen wird. — Miquel u. Mouchet behaupten, bessere Resultate zu erzielen, wenn das Wasser nicht auf den Filtern steht, sondern regenförmig auf die Sandoberfläche aufgelassen wird. — Puëch u. Chabal haben für die Reinigung des sehr verschmutzten Seinewassers ein Verfahren versucht, bei dem zunächst 4 Grobfilter vorgeschaltet werden. Das Wasser strömt in diese übereinander angeordneten Filter in Form von Kaskaden. Auf das vierte Grobfilter folgt ein Vorfilter aus halbfeinem Sand über einem Kiesdrainagebett auf besonders geformten Ziegelsteinen. Schließlich kommt ein Feinfilter, das infolge der guten Vorreinigung nicht vor Ablauf von 6 Monaten gereinigt zu werden braucht. Das Verfahren erinnert sehr an Abwasserreinigung. In Deutschland werden zur Wasserversorgung nur reinere Flußwässer benutzt, und diese leiden (namentlich im Winter) eher an einem Mangel an Plankton. Für unsere Verhältnisse scheint das Verfahren daher nicht geeignet zu sein.

Statt der Sandfilter hat man auch wohl sog. Filtersteine (System Fischer-Peters) versucht, 1 qm große, aus gewaschenem Flußsand von bestimmter Korngröße mit Natron-Kalksilikat als Bindemittel hergestellte, im Inneren hohle Steine. Die Filtration geschieht von außen nach innen; die Schmutz-

schicht fällt von den senkrechten Wänden kontinuierlich ab. Die Filter beanspruchen weniger Raum als die Sandfilter, sollen sich aber nicht überall bewährt haben.

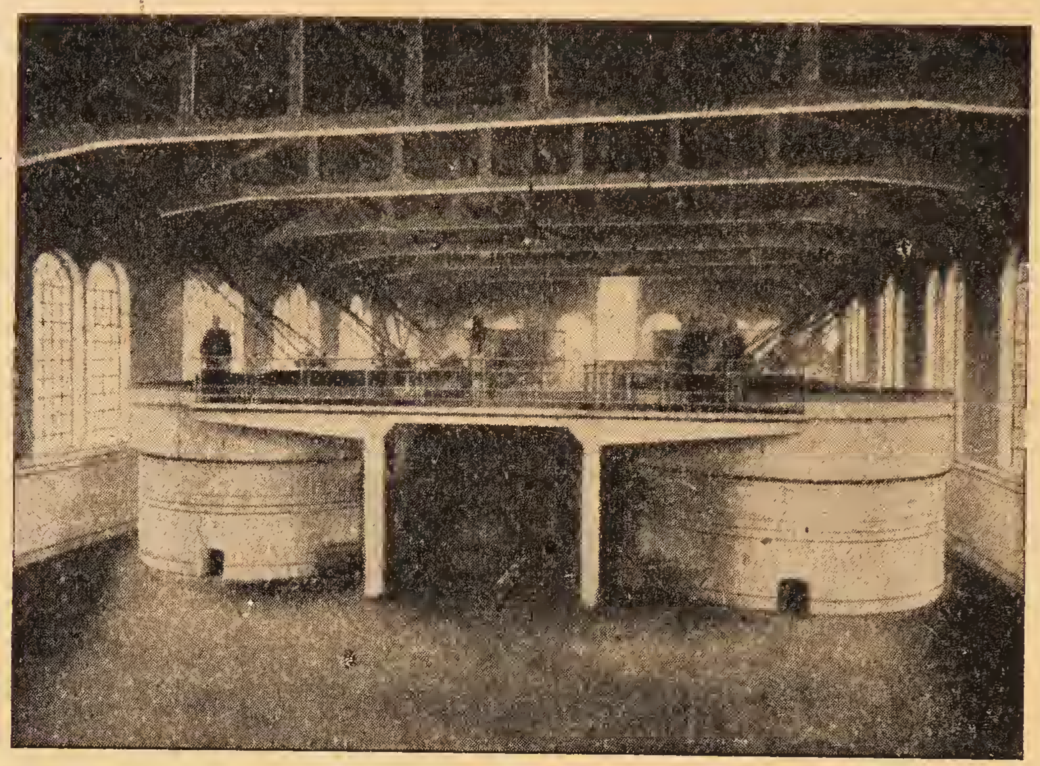


Fig. 25. Jewell-Filteranlage. Innere Ansicht des Filterhauses.

Dagegen werden die schwerfälligen Sandfilter entschieden übertroffen von den amerikanischen Schnellfiltern (Jewell-Filter, siehe Fig. 25, 26). Denselben liegt das Prinzip zugrunde, daß das zu

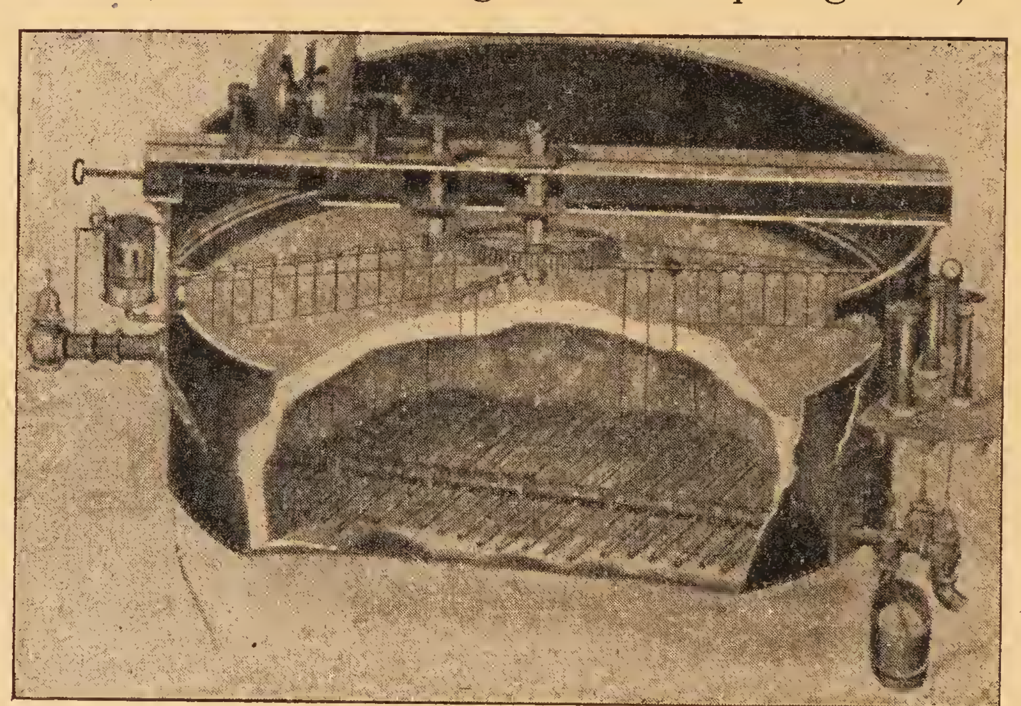


Fig. 26. Durchschnitt durch ein Jewell-Filter.
Der Rührapparat zur Reinigung des Filters besteht aus senkrechten Eisenstäben, die nach unten in kurze Ketten übergehen. Auf dem Boden befinden sich die wasserabführenden Rohre, die oben kurze, mit Drahtgaze bedeckte offene Fortsätze tragen.

reinigende Wasser zunächst in Sedimentierbassins mit 10—30 g pro 1 cbm (variierend namentlich nach der Trübung des Wassers) Aluminiumsulfat (Alaun) versetzt wird. Dieses setzt sich mit dem Kalziumkarbonat des Wassers um, so daß Tonerde, Aluminiumhydrat, als flockiger Niederschlag entsteht, der die Trübungen zum Teil mit zu

Boden reißt und die Bakterien zum großen Teil adsorbiert und einhüllt. Nach 1—2 Stunden kommt das Wasser auf ein Sandfilter, auf dessen Oberfläche die Tonerde die eigentlich filtrierende Schicht bildet. Binnen wenigen Stunden filtriert dies Filter selbst bei einem Wasserdurchgang von 5 cbm pro Stunde und pro Quadratmeter Filterfläche — d. h. bei 50mal so schneller Filtration als in den großen Sandfiltern — alle Bakterien ab. Nimmt der Ertrag ab (nach etwa 24 Stunden), so wird das Filter durch ein Rührwerk und Gegenspülung (maschinell, ohne Menschenhand!) in etwa 10 Minuten wieder gebrauchsfähig gemacht. — Diese Filter nehmen wenig Raum ein, sind in kürzester Frist betriebsfähig und geben

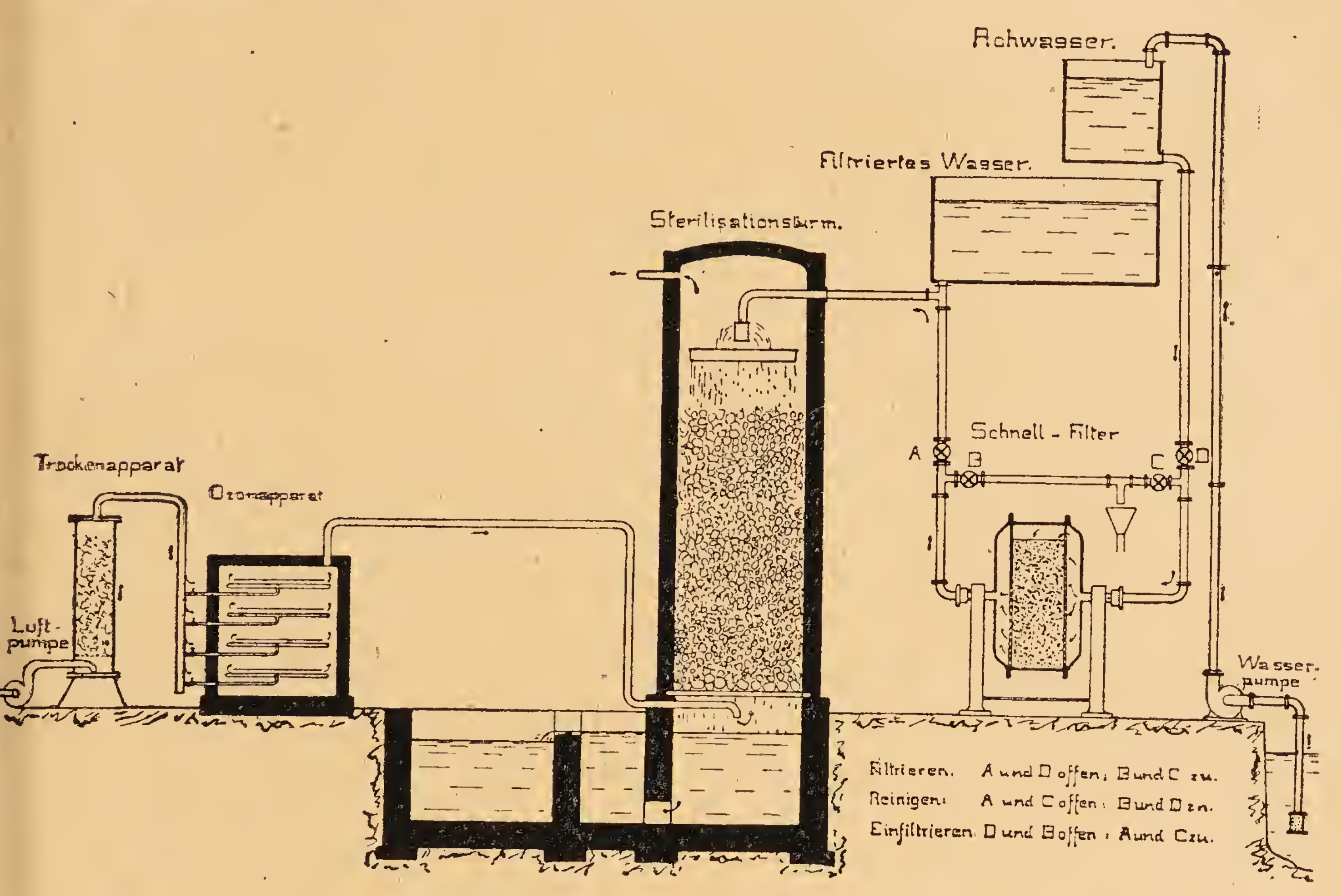


Fig. 27. Ozonsterilisation nach Siemens & Halske.

ausreichende Sicherheit. Nur muß ihr Betrieb, da Störungen noch schlimmer wirken können als bei Sandfiltern, sorgfältig überwacht werden; namentlich bei stark trübem Wasser können sie auch in ungenügender Weise Bakterien zurückhalten. Damit die chemische Fällung eintritt und die dabei freiwerdende CO_2 gebunden wird und die eisernen Rohre nicht angreift, muß außerdem ein kleiner Zusatz von Soda und Kalk erfolgen.

Auch durch Ozonisierung des Wassers hat man die Bakterien bei zentralen Wasserversorgungen zu beseitigen versucht. Die Firma Siemens & Halske hat ein Verfahren technisch verwendbar gemacht, bei welchem elektrisch hergestelltes Ozon auf das Wasser in solcher Konzentration einwirkt, daß die Bakterien der Coligruppe noch sicher zugrunde gehen.

Das Wasser passiert zunächst Kröhnkesche Schnellfilter (Grobsandfilter zwischen durchlochten verzinnten Eisenplatten), da die Desinfektion nur bei völlig klarem Wasser gelingt; dann wird es in sehr feiner Verteilung in den Scrubberturm geführt, wo es den ozonhaltigen Luftstrom kreuzt und einen Teil des Ozons auflöst. Dem Wassereintritt entgegengesetzt strömt Luft in den Apparat, die zunächst durch $CaCl_2$ getrocknet wird; dann gelangt sie in den Ozonapparat, in welchem entweder mittels Ozonröhren oder mit Hilfe von Plattenapparaten, die mit den Polen einer hochgespannten Elektrizitätsquelle verbunden sind, Ozon entwickelt wird. Die Luft erhält hier einen Gehalt von etwa 3 g Ozon pro Kubikmeter und gelangt so in den Scrubber-(Sterilisations-)turm. — Bei anderen Systemen tritt Ozonluft und Wasser gemeinsam von unten in den mit Wasser gefüllten Turm. Hier ist peinlichst darauf zu achten, daß die Luftblasen klein sind, da andernfalls das Ozon nicht in genügender Menge im Wasser gelöst wird. Neuere Anlagen sind mit Vorrichtungen versehen, die durch ein Signal jede Unterbrechung in der Zufuhr der Elektrizität oder der Ozonluft anzeigen. — Die Ozonmenge muß auch der Menge der gelösten organischen Substanzen angepaßt sein, da diese noch vor den Bakterien das Ozon absorbieren. — Die Kosten stellten sich 1912 auf 1—2,5 Pfennig pro 1 cbm Wasser.

Neuerdings ist auch ultraviolettes Licht zur Keimbeseitigung im Wasser versucht. Quecksilberlampen mit doppeltem Quarzmantel sind bei den Versuchen in Metallgefäße eingehängt, die langsam von dem Wasser durchströmt werden. Jede Trübung des Wassers, ebenso gelbbräunliche Färbung, vereiteln die Wirkung. Nach entsprechender Vorbehandlung fielen die Versuche befriedigend aus; für eine praktische Verwendbarkeit scheinen einstweilen die Kosten viel zu hoch zu sein.

Dagegen scheint eine Keimtötung durch Chlor praktisch mit der Sandfiltration und Ozonisierung in Konkurrenz treten zu können. Sie ist in zahlreichen Städten der Vereinigten Staaten, in Deutschland z. B. in Lippstadt und zeitweise in Gelsenkirchen, mit Erfolg durchgeführt. Anfangs wurde Chlorkalk zugesetzt und der Überschuß auf chemischem Wege sorgfältig beseitigt. Später hat man darauf verzichtet und angeblich beobachtet, daß die Bevölkerung sich rasch an einen gewissen Geruch und Geschmack nach Cl gewöhnt. In Deutschland wird dies nicht überall zutreffen, namentlich nicht in Städten mit starkem Fremdenverkehr. — Gleichmäßiger und billiger gelingt die Chlorierung durch Zusatz von Chlorgas, das in Bomben mit regulierbarem Ventil und besonderem Dosierungsapparat geliefert wird (Ornstein). Die Zusatzmenge richtet sich: 1. nach dem Grad der Trübung; nur klares oder geklärtes Wasser läßt sich leicht und sicher entkeimen; 2. nach dem Gehalt an gelösten organischen Stoffen; 3. nach der Zahl der Keime im Rohwasser. Der Zusatz läßt sich so bemessen, daß dem Reinwasser ein Cl-Geruch nicht mehr anhaftet. Besteht für einen Teil des Rohwassers Keimbefreiung durch Sandfiltration, so wird bei einer Vereinigung mit dem chlorierten Wasser ein Überschuß von Cl durch die organischen Substanzen des Sandfiltrats verzehrt. — In Philadelphia wird z. B. täglich in 900000 cbm Wasser durch Zusatz von 25 g Cl auf 100 cbm Wasser der Keimgehalt von 25000 pro 1 ccm auf etwa 20 abgesenkt. — Über Selbstbereitung von keimfreiem Wasser durch Cl. s. unten.

Zu der nur schwierig und unter steter Kontrolle zu beseitigenden Infektionsgefahr der Flußwasserleitungen gesellt sich als erheblicher Nachteil die ungünstige Temperatur des Wassers (die höchstens durch sehr langsame künstliche Bodenfiltration beseitigt werden könnte) und die oft in widerlicher Weise grob sichtbare Verschmutzung desselben; durch letztere entbehrt es der erforderlichen Appetitlichkeit, durch erstere der Frische gerade zu einer Zeit, wo am meisten Wasser konsumiert wird.

Alle neueren Wasserversorgungen sind mit hochgelegenen Reservoiren für das Reinwasser versehen. Bei Quellwasserversorgung könnte man allerdings das Wasser durch den natürlichen Druck direkt bis in die Häuser leiten. Aber es wird dann oft vorkommen, daß bei starkem Konsum die Lieferung nicht ausreicht, während bei fehlendem Konsum eine solche Anhäufung von Wasser stattfindet, daß ein Teil durch Sicherheitsventile unbenutzt abfließen muß. — Besser ist es daher, in allen Fällen Reservoire einzuschalten, in welchen das Verbrauchsquantum für mehrere Stunden Platz findet, von dem aus allen Ansprüchen genügt werden kann, und das namentlich auch für Feuerlöschzwecke jederzeit die größten Wasserquantitäten zur Verfügung stellt.

Zu den Hochreservoiren gelangt das Quellwasser mit natürlichem Gefälle (Gravitationsleitung), Grundwasser und filtriertes Flußwasser werden künstlich gehoben. Die Hochreservoire werden auf einer nahgelegenen Anhöhe angelegt, dichtgemauert, oben gewöhnlich mit Erdschicht bedeckt, die im Sommer mit Wasser berieselt werden kann; oder eigens für diesen Zweck erbaute Türme tragen die Reservoire. Von da aus verzweigen sich dann die Kanäle in die Stadt. Das Reservoir liegt so hoch, daß das Wasser mit natürlichem Gefälle bis in die obersten Etagen der Häuser steigt. — Es ist wichtig, daß in den Rohrleitungen stets ein Überdruck vorhanden ist. Wenn die Menge des nachströmenden Wassers zu gering ist, tritt in oberen Stockwerken oft Wassermangel ein, und die Unreinlichkeit wird begünstigt; ferner kann es vorkommen, daß an einem Endstrang viel Wasser abgelassen wird, und daß infolgedessen in benachbarten Rohren beim Öffnen der Hähne kein Auslaufen, sondern Einsaugen von Luft bzw. von Flüssigkeiten, mit denen der Hahn in Berührung ist, stattfindet. In solcher Weise können sogar aus Wasserklosetts Fäkalteile ins Leitungsnetz gelangen, falls nicht sog. Spülkästen eingeschaltet sind (s. Kap. VII).

Die Leitungen bestehen bis zur Sammelstelle hin aus gemauerten oder aus Zement- oder Tonröhren hergestellten Kanälen. Für das unter Druck stehende Wasser dienen Röhren aus verzinktem Schmiedeeisen oder

solche aus Gußeisen, die auf hohen Druck geprüft sind, und die zum Schutz gegen Rostbildung in eine Mischung von Teer und Leinöl eingetaucht sind. — In den Häusern sind Gußeisenrohre nicht zu verwenden, weil hier zu viele Biegungen vorkommen. Schmiedeiserne Rohre verrosten stark. Daher wird oft Bleirohr verwendet.

Allerdings bieten die Breirohre die Gefahr einer chronischen Bleivergiftung. Diese liegt nur vor bei Luftzutritt, also namentlich wenn die bleiernen Leitungsrohre zeitweise mit Luft und Wasser gefüllt sind. Es bildet sich alsdann Bleihydrat, das etwas, bei reichlich CO_2 stärker löslich ist. Die Auflösung wird durch sauere Reaktion gegen Rosolsäure und Lackmus, durch Nitrate und durch mooriges Wasser begünstigt; gehemmt namentlich durch Karbonathärte, Eisen. Wasser mit 0,3 mg PbO in 1 Liter wird dauernd ohne Schaden genossen; bei Aufnahme von 4—7 mg PbO pro Tag treten erst nach mehreren Monaten Zeichen von Bleivergiftung hervor. — Zum Schutz können Bleirohre mit innerem Zinnmantel oder unlöslichen Überzügen Verwendung finden. Größere Quantitäten findet man nur in Wasser, welches längere Zeit (über Nacht) im Rohre gestanden hat. Zweckmäßig werden daher in Städten, welche bleierne Hausleitungen haben, von Zeit zu Zeit öffentliche Belehrungen darüber erlassen, daß das erste über Nacht in den Rohren gestandene Wasser unbenützt abfließen müsse. Eine Befreiung des bleihaltigen Wassers vom Blei kann im Haushalt nicht durch Kochen, wohl aber durch Chamberland- oder Berkefeldt-Filter geschehen. — Auch eine Entsäuerung des Wassers durch $CaCO_3$ (s. unten) kann in Frage kommen.

Die Wasserversorgungen werden gewöhnlich von der Gemeinde ausgeführt. Entweder wird das Wasser frei geliefert, und die Kosten werden nach Zahl der bewohnbaren Räume, unter Berücksichtigung des Mietzinses, mit 1,8 bis 3,5 Mark pro Jahr und Raum, oder nach Grundstücken, oder nach Prozenten des Mietzinses der Wohnungen (2—6 Prozent jährlich) berechnet. Oder es sind Wassermesser eingeführt und es werden pro 1 cbm verbrauchtes Wasser 0,1 bis 0,2 Mark bezahlt. Die Wassermesser sind entweder nach dem Steffensystem eingerichtet, bei dem ein Hahn mit fixierter Stellung bei gleichem Druck immer die gleiche Menge Wasser liefert; erst Einschaltung von Reservoiren gestattet Aufspeicherung und gelegentliche stärkere Entnahme; oder — gewöhnlich — werden Meßapparate benutzt, bei denen die Umdrehungen eines Turbinenrades gezählt werden.

Oft ist eine **Reinigung** und **Besserung** des Wassers erforderlich. Bei Infektionsverdacht erfolgt sie am einfachsten durch Kochen des Wassers. Hält man das Wasser 5 Minuten im Sieden, so bietet dasselbe keine Infektionsgefahr mehr. Bei stärkerem Konsum empfehlen sich besondere Wasserkochapparate (z. B. von Siemens & Co., Berlin), bei denen das frisch zuströmende Rohwasser zugleich die Kühlung des

erhitzten Wassers, und dieses die Vorwärmung des Rohwassers übernimmt. Allerdings ist der Geschmack des gekochten und wieder abgekühlten Wassers fade, und es ist daher ein Korrigens zuzusetzen in Form von Kaffee, Tee, Fruchtsaft, Zitronensaft usw. — Zur chemischen Desinfektion des Wassers sind zahlreiche Mittel empfohlen. Sie wirken unvollkommen, so lange das Wasser trübe ist; auf vorherige gute Filtration ist daher Bedacht zu nehmen. Schwache Konzentrationen wirken nur bei entsprechend längerer Einwirkung.

Für „Selbstbereitung", d. h. rasche Desinfektion kleiner Wassermengen, ist von Langer 0,5 g Chlorkalk pro Liter empfohlen; nach 10 Minuten Neutralisierung durch Natriumperkarbonat, dann Filtration durch Sucrofilter (aus Asbestgewebe mit in die Maschen eingelagerten Silikaten, in offenem Feuer sterilisierbar). — Gleichmäßigeren Cl-Gehalt und Vermeiden von Trübungen bietet das im letzten Kriege bewährte Verfahren von Wesenberg, bestehend aus einem 75 % Cl enthaltenden Präparat, das in einer Menge von 200 mg pro Liter 10 Min. einwirken muß, um Typhuskeime sicher abzutöten. Zur Beseitigung des Cl-Überschusses werden nach Ablauf der 10 Min. 350 mg Ortizon (feste Verbindung von H_2O_2 mit Carbamid) zugefügt. — Um die leicht entstehende Trübung zu vermeiden, die Zeitdauer abzukürzen und den Geschmack zu verbessern, hat Jötten empfohlen, zu 1 Liter Wasser 300 mg Osmosil (amorphe Kieselsäure) und 200 mg Aluminiumsulfat zuzufügen, nach 1½ Min. durch ein Molton-(Baumwollflanell-)tuch-Faltenfilter zu filtrieren, dem Filtrat 50 mg Chlorkalk-Wesenberg und nach 2 Min. 110 mg Natriumsulfit, sowie als Geschmackkorrigens 0,5 g ac. citricum und 10 g Zucker zuzusetzen.

Ferner kann eine Filtration im Hause in Frage kommen. Für diesen Zweck sind zahlreichste Filter konstruiert, die sich indes bis jetzt meist nicht bewährt haben. Filter aus plastischer Kohle oder mit Füllung von Sand, Kohlenpulver, Filz, Wolle oder dgl. halten wohl gröbere Trübungen (Eisenhydrat), aber nicht Bakterien zurück. Bei längerer Benutzung bilden sich in solchen Filtern ausgedehnte Wucherungen von Bakterien, die eher zur Verunreinigung des durchfiltrierten Wassers führen. — Ein sicher bakterienfreies Filtrat liefern wenigstens zeitweise die Pasteur-Chamberlandschen Tonfilter und die Berkefeldtschen Kieselgurfilter (Fig. 28).

Diese bestehen aus einer Kerze von Porzellanton bzw. Kieselgur (c), die innen einen Hohlraum (d) enthält und an einem Ende in eine Manschette aus glasiertem Porzellan (f) übergeht. Die filtrierende Flüssigkeit dringt von außen (aus dem Raum e) in das Innere der Kerze und fließt aus dem Ausflußrohr (i) der Manschette ab. Um das Filter mit der Wasserleitung in Verbindung zu setzen, wird die Kerze in eine weitere Metallhülse (b) eingesetzt, deren unterer Abschnitt außen ein Gewinde trägt. Zwischen den unteren Rand der Hülse und die Porzellanmanschette wird ein Kautschukring (h) eingeschaltet und nun eine Metallkapsel (g) auf das Gewinde aufgeschraubt, so daß die Manschette fest gegen den

Kautschukring bzw. die Hülse angepreßt und der Zwischenraum (e) zwischen Hülse und Kerze nach unten dicht abgeschlossen wird. Am oberen Ende der Hülse ist ein Verbindungsrohr zum Hahn der Wasserleitung eingeschraubt, durch welches das Wasser von a her einfließt.

In den ersten Tagen ist das Filtrat zuverlässig keimfrei. Aber schon nach 3 bis 8 Tagen wachsen einige Bakterienarten durch das Filter hindurch, gelangen auf dessen innere Fläche und teilen sich von da ab in steigender Menge dem Wasser mit. Außerdem wird der quantitative Ertrag um so geringer, je dicker die Schicht der abfiltrierten suspendierten Stoffe auf der Außenfläche der Kerze wird; nach einigen Tagen filtrieren stündlich nur noch wenige Kubikzentimeter. Man muß daher die Filter häufig aus der Metallhülse herausnehmen, an ihrer äußeren Fläche mit Bürsten reinigen, und dieselben dann längere Zeit kochen, um die Bakterien im Innern des Filters abzutöten. Die Kerzen sind sehr zerbrechlich; um sicher zu sein, daß nicht feine Risse entstanden sind, ist eine häufige bakteriologische Prüfung des Filtrats unerläßlich.

Fig. 28 Ton- oder Kieselgurfilter.

Auch eine *Desinfektion der Anlage* kann bei Röhren- und Schachtbrunnen in Betracht gezogen werden (s. S. 139). — Reservoire und Leitungsrohre größerer Wasserleitungen sind mehrfach mit Erfolg durch Schwefelsäure (1 : 1000, 2stündige Einwirkung) desinfiziert, ohne daß das Eisen oder Blei der Rohre angegriffen wäre.

Nicht selten wird eine Verbesserung des Wassers in bezug auf seine *chemische* Beschaffenheit angestrebt. Über die Beseitigung von Fe und Mn s. S. 140 u. 144. Eine Verringerung der *Härte* kann bewirkt werden durch Zusatz von Kalk und Soda; ferner durch Permutit (s. S. 144). Beseitigung eines Überschusses von *Kohlensäure*, der Bleirohre, aber auch Eisen und Zement angreift, geschieht in Frankfurt a. M. durch Filtration über Marmorstücke von Grobkiesgröße, in anderen Städten durch Zusatz von Soda oder Natronlauge.

Eis. Künstliches Selterwasser.

Versuche haben ergeben, daß viele Bakterien bei 0° zugrunde gehen, daß aber andere Arten ziemlich widerstandsfähig sind, und daß einige sogar bei 0° noch eine gewisse Vermehrung leisten. Im Eis aus sehr unreinem Wasser, Flüssen, Teichen usw. findet man in 1 ccm Schmelzwasser im Durchschnitt 2000, als Minimum 50, als Maximum 25 000 lebende Keime. — Diese Befunde sind offenbar nicht ohne Bedenken. Im Sommer wird viel Eis roh genossen; ferner wird es nicht selten auf Wunden appliziert. Ersteres sollte nie, letzteres nur über undurchlässigen Unterlagen geschehen. — Ohne Bedenken ist dagegen innerlich und äußerlich das Kunsteis zu verwenden, wenn es durch Kühlleitungen, in welchen komprimiertes NH_3 oder CO_2 oder SO_2 zur Ausdehnung und Verdampfung gelangt, aus destilliertem Wasser bereitet wird. Dies Eis enthält im Mittel nur 0—10 Keime pro 1 ccm.

Die künstlichen kohlensauren Wässer sollen, falls sie in größeren Quantitäten genossen werden, nicht zu viel CO_2 enthalten, um Magenauftreibung zu verhüten. Die meisten sind sehr reich an Bakterien; selbst 7 Monate langes Lagern ändert daran nichts. Auch bei solchem Selterwasser, das aus destilliertem Wasser bereitet wurde, ist der Bakteriengehalt ein sehr hoher. Dagegen ist die Mannigfaltigkeit der Arten in mit Brunnenwasser bereitetem Selterwasser weit größer; und hier ist die Gefahr einer Infektion ungleich bedeutender. Absichtlicher Zusatz pathogener Keime zu künstlichem Selterwasser hat ergeben, daß zwar einige Arten (Cholera-, Milzbrandbazillen) rasch absterben, daß aber z. B. Typhus- und Cholerabazillen, Microc. tetragenus usw. einige Tage bis Wochen lebensfähig bleiben. Mit Rücksicht auf diese Resultate ist unbedingt nur destilliertes Wasser oder Wasser aus völlig unverdächtigen, jährlich von Sachverständigen revidierten Brunnen zur Bereitung von Selterwasser zu empfehlen.

Literatur: Kruse, Die Wasserversorgung in Weyls Handb. d. Hygiene, 2. Aufl. — Lueger, Die Wasserversorgung der Städte, 1908. — Tiemann und Gärtner, Die chem. u. mikrosk. bakteriol. Untersuchung des Wassers, 1896. — Fränkel, Zeitschr. f. Hyg., Bd. 6. — Koch, Wasserfiltration u. Cholera, Zeitschr. f. Hyg., Bd. 14. — Ohlmüller u. Spitta, Die Untersuchung des Wassers, Berlin 1910. — Kruse, Kritische u. experimentelle Beiträge zur hygienischen Beurteilung des Wassers. Zeitschr. f. Hyg. u. Inf., Bd. 17. — Flügge, Verh. d. Ver. f. öffentl. Ges. in Stuttgart, 1895. — Zeitschr. f. Hyg., Bd. 14. 22. — Zeitschr. f. Medizinalbeamte 1908. — Gärtner, Klinisches Jahrbuch, Bd. 9. 1903. — Die Quellen in ihren Beziehungen zum Grundwasser und zum Typhus. Jena 1903. — Die Hygiene des Wassers (Handbuch), Braunschweig 1915. — Fromme, Colibakterien, Zeitschr. f. Hyg. u. Inf., Bd. 65. — Konrich, Zur Bewertung des Bakt. coli, Klin. Jahrb., Bd. 23, 1910. — Kolkwitz, Mitt. der Prüfungsanst. f. Wasservers., Heft 1, 3, 4, 13. — Kryptogamenflora der Mark Brandenburg, 1909. — Hetsch im Lehrbuch der Militärhygiene von Bischoff, Hoffmann u. Schwiening, 1910. — Spitta, im Handbuch der Hygiene von Rubner, v. Gruber u. Ficker, Bd. 2.

Fünftes Kapitel.

Ernährung und Nahrungsmittel.

A. Der Nährstoffbedarf des einzelnen Menschen.

Von Hunger- und Durstgefühl getrieben, nimmt jeder Mensch Tag für Tag Nahrungsmittel zu sich; zunächst um sich Sättigung zu verschaffen. Darüber hinaus hat aber die Zufuhr von Nahrungsmitteln die Aufgabe, den Bestand des Organismus und die normalen Leistungen aller Organe zu erhalten bzw. zu steigern; denn der Körper zerstört stetig Stoffe, die seinem Zellbestande angehörten, oder stößt solche ab, und außerdem verbraucht er fortgesetzt im Säftestrom kreisende Stoffe für seine Kraft- und Wärmeentwicklung. Den Ersatz dieses Verbrauchs sollen die Nahrungsmittel liefern, deren Bestandteile hauptsächlich Eiweißstoffe, Fette, Kohlehydrate, Wasser, Salze und Vitamine, sowie verschiedene Reiz- und Genußmittel sind.

I. Die Bedeutung der Nährstoffe für den Kraft- und Stoffwechsel.

Der weitaus größte Teil der Umsetzungen im Organismus entfällt auf den Kraftwechsel. Die chemischen Spannkräfte der zugeführten Nährstoffe bilden die einzige Kraftquelle des Organismus, aus der er die Eigenwärme, die Bewegung des Blutes, die äußere Arbeit usw. bestreitet. Die einzelnen Nährstoffe können sich in ihrer Fähigkeit, den Kraftwechsel zu unterhalten, nach dem Maß ihrer chemischen Spannkräfte oder ihrer Verbrennungswärme im Kalorimeter (Berthelotsche Bombe) vertreten. Nur ist zu beachten, daß zwar Fette und Kohlehydrate im lebenden Organismus ebenso vollständig und bis zu den Endprodukten CO_2 und H_2O verbrannt werden, wie im Kalorimeter; daß dagegen Eiweiß in letzterem zu CO_2, H_2O und N verbrennt, während im Tierkörper nur eine unvollständige Oxydation zustande kommt unter Bildung von Resten (Harnstoff usw.), die ihrerseits noch Spannkraft enthalten. Im Kalorimeter liefert daher 1 g Eiweiß im Mittel 5,5 Kalorien, im Tierkörper etwa 25 % weniger. Legt man den „physiologischen Nutz-

effekt", d. h. die im Körper wirklich verwertbare Kalorienmenge zugrunde, so liefert

1 g Eiweiß . . . 4,1 Kal.
1 g Fett . . . . 9,3 „
1 g Kohlehydrate . 4,1 „

und in diesem Verhältnis vertreten sich die einzelnen Nährstoffe bezüglich der Kraftleistung im Körper (isodyname Werte der Nährstoffe). 100 g Fett sind demnach gleichwertig 227 g trockenem Eiweiß oder Kohlehydrat bzw. gleich 1000 g frischer Muskelsubstanz (Rubner).

Der Umfang des Kraftwechsels wird ausgedrückt durch die Menge von Kalorien, welche durch die Verbrennung organischer Stoffe im Körper gebildet werden. Berechnet auf 1 Kilo Körpergewicht liefert der erwachsene Mensch im Durchschnitt 40—50 Kal. (sog. „Energiequotient"). — Bei ruhenden Tieren gleicher Rasse, bei gleicher Temperatur usw. ist für den Kraftwechsel die Oberflächenentwicklung maßgebend; der hungernde, ruhende Erwachsene liefert pro Quadratmeter Oberfläche etwa 800 Kal., bei 65 Kilo Gewicht (= 2 qm Oberfläche) also 1600 Kal.; beim Säugling steigt die Zahl der Kalorien bis 1450 pro 1 qm; beim Greise sinkt sie auf 6—700. Die Beziehung zwischen Gewicht und Körperfläche läßt sich für den Menschen ausdrücken durch die Vierordt-Meeh'sche Formel: $O = K \cdot \sqrt[3]{G^2}$, wo O die Oberfläche, G das Körpergewicht in Gramm bedeutet und K eine Konstante, die beim Menschen für den Erwachsenen 12,3, für ein dreijähriges Kind 11,7 beträgt. — Von Pfaundler ist neuerdings die Gültigkeit dieser Beziehung bestritten, weil ein Absinken des Gaswechsels und des Nahrungsbedarfs mit dem Alter stattfindet. — Über v. Pirquet's „System" s. S. 167.

Im übrigen beeinflußt — abgesehen von Menge und Art der Nahrungszufuhr — die Muskelarbeit und die Steigerung der Eigenwärme den Umsatz. Beim Stehen werden schon 20—25 % Kal. mehr geliefert als im Liegen; bei steter Bewegung und mechanischer Arbeit 50—100 % Kal. mehr. Eigentlich sollte 1 Kal. einer Arbeitsleistung von 425 Kilogrammeter entsprechen. Die Kalorienmenge, welche der Körper produzieren muß, um eine bestimmte Arbeit zu leisten, ist indes mindestens 3—4mal so groß als das Wärmeäquivalent der Arbeit.

Außer für den Kraftwechsel ist die Zufuhr von Nährstoffen auch für den Stoffwechsel, für den Ersatz bzw. Ansatz von Körperstoffen, von größter Bedeutung. Beständig gehen Teilchen der Zellen, der Säfte (Hämoglobin!), der Gerüstsubstanzen zugrunde; Epidermisschüppchen, Haare, Hauttalg, Schweiß, Milch, Epithelien, Blut, Speichel und andere Verdauungssäfte, Kot werden abgeschieden. Oft ist Ansatz

neuer Körpersubstanz erforderlich, so beim wachsenden Körper, in der Rekonvaleszenz; neue Depots von Fett, Glykogen können zur Anlage gelangen. Oft werden auch Reservestoffe einbezogen, um den Kraftwechsel decken zu helfen; so „zirkulierendes Eiweiß“ (Vorratseiweiß), das bei reichlicher Eiweißzufuhr zurückgehalten, aber zunächst nicht angesetzt war, und das bei Nahrungsentziehung (Krankheit) rasch wieder zerfällt; ferner das deponierte Fett, dessen Menge beim gut Genährten so groß ist, daß seine Verbrennungswärme die der gesamten Eiweiß- und Leimmasse des Körpers um das Dreifache übertrifft.

Bis zu einem gewissen Grade kann man auf die Art des Stoffwechsels Schlüsse ziehen aus der Kenntnis der Zusammensetzung des Körpers. Der Körper des männlichen Erwachsenen enthält im Mittel:

a) nach Organen: 16 % Skelett,
42 % Muskeln,
18 % Fettgewebe,
7,7 % Blut,
16,4 % Drüsen und Rest;

b) nach chem. Bestandteilen:
50 % Wasser,
9 % Eiweiß,
6 % leimgeb. Gewebe,
21 % Fett,
5 % Asche.

Der stoffliche Umsatz wird indes vorwiegend durch die besonderen Eigenschaften der Zellen bedingt und variiert bei den verschiedenen Organen erheblich. So gehen z. B. beim Hungernden 93—97 % von den Fettdepots zu Verlust, 40—50 % von Drüsen und Muskeln, nur 2 % vom Nervensystem. Stofflich steht das Glykogen an erster Stelle; nächst diesem wird das Fett zerstört; während der Eiweißverbrauch erst in den letzten Tagen einer längeren Hungerperiode stark ansteigt.

Über die Bedeutung der einzelnen in den Nahrungsmitteln enthaltenen Stoffe für die Ernährung ist noch folgendes hervorzuheben:

1. Die Eiweißstoffe.

Volle Erhaltung des Eiweißbestandes des Körpers ist von größter Bedeutung. Bei Eiweißmangel erfolgt Zerfall von Körperzellsubstanz; die Neubildung von Blut leidet, die Regeneration der Muskeln wird beeinträchtigt; die Verdauungsfermente werden spärlicher gebildet; ein Gefühl von Schwäche und geringer Leistungsfähigkeit, Unlust zu körperlichen Bewegungen, leichtes Schwitzen, gereizte Stimmung treten auf.

Findet kein Eiweißverlust vom Körper und kein Ansatz statt, sondern wird pro Tag gerade ein der Zufuhr entsprechendes Quantum Eiweiß

zerstört, so befindet sich der Körper im N-Gleichgewicht. Der Körper vermag sich mit sehr verschiedener Eiweißzufuhr ins Gleichgewicht zu setzen. Bei Hunger wird nur am 1. Tage noch eine N-Menge ausgeschieden, welche derjenigen der vorausgegangenen Nahrungstage ungefähr gleichkommt. Von da ab geht mit der Verringerung des Eiweißvorrats auch eine stete Verringerung des Umsatzes einher. Ist in dieser Weise der Körper gegen eine zu rasche Eiweißverarmung geschützt, so ist es andererseits nicht leicht, durch vermehrte Eiweißzufuhr einem verarmten Körper einen besseren Eiweißbestand zu verschaffen. Mit der vermehrten Zufuhr hält die Zerlegung immer wieder gleichen Schritt. Erst wenn Fett und Kohlehydrate neben Eiweiß zugeführt werden, wird der Eiweißzerfall eingeschränkt, und es kann Eiweißansatz erfolgen. Bei reichlichem Gehalt der Kost an Fett und Kohlehydraten sinkt der Eiweißbedarf beim Erwachsenen auf ein Minimum von 50—60 g pro Tag, das die N-Ausscheidung im Hunger nur wenig übersteigt. Gleichgewicht wird aber durch so geringe Eiweißzufuhr nur erreicht, wenn der Kraftwechsel bedeutend und die Gesamtnahrung sehr reichlich ist. Unter gewöhnlichen Verhältnissen werden bei gemischter Kost vom Erwachsenen 80—100 g Eiweiß zerstört, also etwa 1,5 g pro Kilo Körpergewicht; bei Kindern erheblich mehr (s. unten).

Der Ersatz des zerfallenen Eiweiß muß, wie oben betont wurde, in vollem Maße durch resorbierbares Eiweiß der Nahrung geschehen. Zu beachten ist dabei, daß die N-Substanz der verschiedenen Nahrungsmittel, aus welcher üblicherweise durch Multiplikation des N mit 6,25 auf Eiweiß umgerechnet wird, in bezug auf ihre Befähigung zum Eiweißersatz sehr ungleichwertig ist. Teils besteht sie aus Nukleinen (Zellkernen), die nicht resorbierbar sind; teils aus Lezithinen (Eidotter, Gehirn), die vom Pankreassaft in Neurin, Glyzerinphosphorsäure und Stearinsäure zerlegt werden und höchstens eine den Fetten ähnliche nährende Wirkung haben; teils aus Aminosäuren und Aminen (Asparagin). Auch sind manche pflanzliche Eiweißstoffe in Hüllen eingeschlossen, die im Verdauungstraktus nicht gelöst werden und daher die Resorbierbarkeit hindern. — Außerdem zeigen auch die im Darm verdauten Eiweißstoffe offenbar noch differente Eigenschaften, die für ihre Verwertbarkeit im Körper von Belang sind. Bei der Verdauung werden die Eiweißstoffe durch Trypsin und Erepsin in Spaltprodukte (hauptsächlich Aminosäuren) zerlegt und müssen beim Durchtritt durch die Darmwand erst wieder aufgebaut werden. Aber die Spaltstücke sind für jede einzelne Eiweißart verschieden, und damit der Aufbau der Körpereiweißstoffe möglich ist, müssen die Spaltstücke in richtigem Verhältnis dem Körper einverleibt werden. Daraus ergibt sich, daß beliebige Peptone nicht als Eiweißersatz dienen können; ebensowenig der Leim, der

andere Spaltprodukte liefert wie Körpereiweiß (kein Alanin, Überschuß von Glykokoll). Leim und Peptone der Nahrung haben daher nur für den Kraftwechsel bzw. durch Ersparnis von Eiweißzerfall Bedeutung. Ebenso ist z. B. das Gliadin des Weizens nicht in voller Menge zum Ersatz von Körpereiweiß befähigt; denn es liefert bei der Spaltung 28 % Glutaminsäure, während Bluteiweiß nur 8 % ergibt; ein großer Teil der aus dem Gliadin im Darm gebildeten Bausteine bleibt daher ohne Verwendung (Abderhalden).

Demnach existiert für die N-Substanz eines jeden Nahrungsmittels eine besondere biologische Wertigkeit, von welcher es abhängt, in welchem Grade der N-Verlust des auf ein N-Minimum eingestellten Menschen durch die betr. N-Substanz verhütet werden kann. Bezeichnet man die Wertigkeit mit 100, wenn mit ebensoviel N-Substanz, wie in der Nahrung enthalten ist, der N-Verlust ersetzt werden kann, so beträgt diese für:

Rindfleisch	104
Milch	100
Fisch	95
Weizenmehl . . .	39
Kartoffeln	79
Reis	88
Erbsen	55

Bei Kartoffelnahrung ist also das N-Gleichgewicht mit sehr viel kleinerer N-Zufuhr herzustellen als bei Brotnahrung (Rubner, Thomas).

2. Die Fette.

Reichlichen Gehalt an Fett bzw. Lipoiden zeigen die nervösen Zentralorgane und die Nerven, ferner das Knochenmark. Hier ist voller Ersatz zerstörter Fettsubstanz von großer Bedeutung. Wird darüber hinaus Fett aufgenommen, so wird es in Depots, namentlich im Unterhautbindegewebe, in wechselnder und von einer gewissen Grenze ab für das Wohlbefinden nicht nötigen oder sogar schädlichen Menge, abgelagert. Das Fett wird im Körper schwer zerlegt, für gewöhnlich nur in einer Menge von 50—100 g. Eine Vermehrung des Fettes hat keinen den Umsatz steigernden Einfluß. Dagegen werden bei Muskelarbeit außerordentlich viel größere Fettmengen zerstört als bei Ruhe; die Steigerung der Fettzerlegung kann das 3—4fache betragen. Die Leistungen des Fettes bei dieser Zerlegung bestehen: 1. darin, daß es bedeutende Mengen von Wärme erzeugt; 2. wird der Eiweißzerfall wesentlich verringert, wenn Fett neben Eiweiß im Säftestrom zirkuliert. Wird allerdings bei wenig Eiweiß reichlich Fett in der Nahrung gegeben,

so tritt die ersparende Wirkung nicht deutlich hervor. — Von großer Bedeutung ist die sparende Wirkung des Fettes in den Fällen, wo die Nahrungszufuhr wegen Krankheit usw. stark absinkt oder aufhört. Es werden dann stets die Fettdepots des Körpers in beträchtlichem Grade angegriffen, und die Zerstörung der Eiweißstoffe wird bedeutend herabgesetzt.

Das im Körper zerstörte Fett ist durch Fett der Nahrung zu ersetzen. Es eignen sich dazu die Fette sowohl der tierischen, wie auch der pflanzlichen Nahrungsmittel, soweit sie unter 40° flüssig und dadurch einer Resorption fähig sind.

Flüssige und des üblen Geruchs wegen als Nahrungsmittel bisher nicht benutzbare Fette (Tran usw.) können neuerdings in geruchloses, festes und durchaus vollwertiges Nahrungsfett verwandelt werden, dadurch, daß Wasserstoff bei Gegenwart von Ni als Katalysator in das Molekül der ungesättigten Fettsäuren eingelagert wird (Fabriken in Biesingheim).

Sehr gut geeignet zur Vertretung des Fettes sind die Fettsäuren, die einen so großen Prozentsatz im Fettmolekül ausmachen, daß sie ungefähr die gleiche ersparende Wirkung ausüben, wie die Fette selbst. Das Glyzerin dagegen hat keinerlei Einfluß, weder auf den Eiweiß-, noch auf den Fettumsatz.

Allerdings besteht auch die Möglichkeit, das Fett aus Kohlehydraten im Körper zu bilden, aber nur wenn letztere in überreichlicher Menge gegeben werden; die dauernde Resorption solcher Kohlehydratmengen stößt aber auf erhebliche Schwierigkeiten.

3. Die Kohlehydrate.

Mit Eiweiß und Fett sollte der Mensch eigentlich seinen Nahrungsbedarf vollständig decken können; indessen gelingt dies schwer, weil die Grenzen für die Resorption der Fette beim Menschen relativ eng gezogen sind. Wir sehen daher, daß in der Nahrung noch ein anderer stickstofffreier Bestandteil in außerordentlich großen Mengen genossen wird, nämlich die Kohlehydrate; und zwar zu den Hexosen gehörig namentlich die Monosaccharide Glukose oder Dextrose, Lävulose oder Fruktose und Galaktose; ferner die Disaccharide Rohrzucker und Milchzucker; und Polysaccharide wie Stärke, Dextrin; außerdem Pentosen (mit 5 C-Atomen) und Pentosane (Anhydride der Pentosen), Zuckerarten, die mit HCl oder H_2SO_4 Furfurol liefern, durch Rotfärbung eines mit essigsaurem Anilin getränkten Papiers nachweisbar. Im Körper finden wir aber stets nur Spuren von Kohlehydraten, kleine Mengen von Glykogen, die gegenüber den 4 bis 500 g genossener Kohlehydrate völlig verschwinden. Es erklärt sich dies dadurch, daß die Kohlehydrate unter allen Umständen, bei Ruhe und Arbeit, rasch und vollständig im Körper zerfallen und zu den Endprodukten Kohlensäure und Wasser verbrannt

werden. Sie werden also nie zu bleibender Körpersubstanz umgewandelt, ausgenommen wenn bei sehr großen Gaben ein Teil zur Fettbildung verwandt wird.

Bei ihrer völligen und schnellen Verbrennung liefern die Kohlehydrate: 1. erhebliche Menge Wärme; 2. äußern sie eine den Eiweißumsatz herabsetzende Wirkung, und zwar vollkommener als die Fette; 3. bewirken die Kohlehydrate eine geringere Zerstörung des Fettes, und führen häufig eine Ablagerung von Fett im Körper herbei; 4. können die Kohlehydrate selbst eine Umwandlung in Körperfett erfahren.

Die Deckung des Kohlehydratbedarfs geschieht durch die Kohlehydrate der Nahrung, durch Rohr- und Milchzucker, hauptsächlich aber durch Stärke, die allmählich und langsam im Darm in resorbierbaren Zucker übergeht und also gleichsam ein nachhaltiges Reservoir darstellt, aus welchem der Körper für lange Zeit fortgesetzt kleinere Mengen von Kohlehydraten in den Säftestrom überführt.

4. Das Wasser.

Das Wasser bildet einen wesentlichen Bestandteil der Organe und Säfte; es ist als Lösungsmittel und zum Transport der löslichen Substanzen von großer Bedeutung; es beteiligt sich an der Wärmeregulierung des Körpers.

Fast stets ist voller Ersatz der ausgeschiedenen Wassermenge erforderlich, und dieser erfolgt vorzugsweise durch Zufuhr von Wasser, kann aber auch durch Zufuhr verbrennbaren Wasserstoffs (Kohlehydrate usw.) geschehen. Manche Tiere (Pflanzenfresser) kommen nur mit der letzteren Art von Zufuhr und ohne Wassergenuß längere Zeit aus. Für den Menschen ist präformiertes Wasser in Form von Suppen, Breien usw. und als Getränk in einer Menge von 1—2 Liter erforderlich.

Eine abnorme Verminderung der Wasserzufuhr kommt bei freigestellter Nahrungsaufnahme kaum vor; dagegen kann sehr leicht ein Übermaß von Wasser eingeführt werden. Vorübergehende Erhöhung der Wasserzufuhr bewirkt zunächst eine vermehrte Stickstoffausscheidung, die indes wesentlich auf Ausspülung angesammelter Exkrete beruht. Anhaltende abnorm starke Wasserzufuhr hat insofern gewisse Nachteile im Gefolge, als leicht eine starke Verdünnung der Verdauungssäfte, und nach Angabe einiger Beobachter außerdem eine Überbürdung des Pfortaderkreislaufs entsteht, welche auf die allgemeinen Verhältnisse des Blutdrucks zurückwirkt. Ferner wird dabei den zirkulatorischen Apparaten übermäßige Arbeit zugemutet, und in diesen, sowie bei manchen Zellfunktionen scheinen Störungen einzutreten, namentlich wenn geringe Abnormitäten, Herzschwäche, Verdauungsstörungen, Anämie usw. bereits vorliegen.

5. Die Salze.

Werden die ausgeschiedenen Salze des Körpers nicht ausreichend ersetzt, so gibt dieser zunächst eine Zeitlang aus seinem Bestande her; bei andauernd salzarmer Nahrung treten eigentümliche nervöse Erscheinungen und schließlich der Tod ein. Derartige Folgen beobachtet man aber nur bei Ernährung mit künstlich salzfrei gemachter Nahrung; in der üblichen gemischten Kost sind die nötigen Salzmengen gewöhnlich enthalten, während eine einseitige Ernährung, z. B. mit Fleisch- und Mehlpräparaten, Defekte in der Blutbildung zur Folge haben kann, insbesondere beim wachsenden Körper. Die grünen Gemüse sind für die Lieferung der dem Körper nötigen Salze von besonderer Bedeutung. — Für die neuerdings mehrfach ausgesprochene Ansicht, daß gerade in bezug auf Salze (besonders Kalk) beim Kind und beim Erwachsenen leicht eine Unterernährung zustande komme, daß Zahnkaries, abnorme Knochenentwicklung, Phthise usw. auf einer Demineralisation des Körpers beruhe, und daß reichliche Zufuhr von löslichen Kalksalzen (Chlorkalzium, Emmerich & Löw) manche Krankheiten verhüten und heilen könne, sind ausreichende Beweise nicht erbracht.

Bei völlig gesunden Erwachsenen aus verschiedensten Volkskreisen in Deutschland ist Kalk zu durchschnittlich 1,5 g in der gewohnten Nahrung gefunden (in Japan nur ⅓ davon); diese Menge muß als ausreichend angesehen werden. Sie ist z. B. enthalten in 1 Liter Milch, 370 g Butter, 400 g Eidotter, 130 g Spinat, 200 g Kopfsalat, 1500 g Kartoffeln, 4300 g Brot, so daß bei gemischter Nahrung genügender Kalkgehalt leicht hergestellt werden kann (Hornemann). — Bei ausschließlicher Pflanzennahrung entsteht ein Kochsalzdefizit, indem die Kalisalze der Vegetabilien sich mit dem Kochsalz des Körpers umsetzen; es werden Natriumphosphat und Kaliumchlorid gebildet, und es kommt so eine fortgesetzte Verarmung an ClNa zustande. — Ein Mangel an Kalisalzen infolge ausschließlich animalischer Kost soll Skorbut hervorrufen; doch ist dies unwahrscheinlich, da auch bei vorwiegender Pflanzenkost (Gefangene) oft Skorbut beobachtet wird. Sicher ist nur, daß genügende Ernährung mit unverdorbenen, frischen Nahrungsmitteln den Skorbut verhütet und daß reichlicher Genuß frischer Gemüse die Krankheit rasch zu heilen pflegt (s. auch „Vitamine").

Sehr empfindlich scheint der Körper gegen eine zu geringe Zufuhr von Eisen zu sein (Hämoglobinbildung). Man nimmt an, daß das Eisen aus der Nahrung in organischen, den Nukleinen ähnlichen Verbindungen resorbiert wird, von denen im ganzen nur sehr kleine Mengen für den Körper erforderlich sind. Zufuhr anorganischen Eisens soll dadurch günstig wirken, daß es die organischen Eisenverbindungen vor Zersetzung im Darm schützt. Auch das Eisen ist vorzugsweise in den grünen Gemüsen (Spinat, Bohnen usw.) enthalten. —

Eine Überschätzung der in pflanzlichen Nahrungsmitteln gebotenen Salze kommt übrigens dadurch zustande, daß die durch chemische Analyse gefundenen

Mengen ohne weiteres als resorbierbar angenommen werden, was durchaus nicht der Fall ist. — Dies gilt auch für die von Ragnar Berg betonte angebliche Wichtigkeit des Verhältnisses zwischen Basen und Säuren. Die von ihm berechneten Basen sind großenteils im menschlichen Darm gar nicht löslich.

6. Die Vitamine.

Als Vitamine werden Stoffe bezeichnet, die in kleiner Menge in frischen pflanzlichen Nahrungsmitteln, hauptsächlich in den Samen bzw. in deren äußerer Schicht, relativ reichlich auch in der Hefe vorkommen, dagegen nicht in länger erhitzten oder ausgetrockneten Nahrungsmitteln. Sie sollen zu den durchaus notwendigen Nahrungsbestandteilen gehören, vielleicht als Katalysatoren wirken, und ihr Fehlen soll allerlei Krankheiten verursachen. Funk bezeichnet sie als fällbare, N-haltige, sehr labile, ungiftige Substanzen von noch unbekannter Konstitution. Vor allem ist beobachtet, daß Beriberi bei den reisessenden Völkern in den Tropen eine Folge des Polierens der Reiskörner ist, durch welches die ganze äußere Samenschicht mit dem darin enthaltenen „Vitamin" völlig entfernt wird. Zugabe von Reiskleie schützt gegen die Erkrankung. Auch andere Erkrankungen, wie Skorbut, Pellagra, Rachitis, die Mehlnährschäden der Säuglinge usw., sollen zu den „Avitaminosen" gehören, d. h. durch das Fehlen von Vitaminen zustande kommen.

Röhmann hat jedoch neuerdings gezeigt, daß es gelingt, Tiere dauernd bei vollkommenem Wohlbefinden zu erhalten durch ein künstliches Nahrungsgemisch, in welchem das Vorhandensein von Vitaminen mit Sicherheit ausgeschlossen ist. Auch für die Erzeugung und Aufzucht der Nachkommenschaft bedarf anscheinend der tierische Organismus lediglich Eiweiß, Fett, Kohlehydrate und Salze. Dagegen gelingt die Aufzucht junger Tiere nicht mit gewissen Eiweißstoffen der Zerealien und Leguminosen; diese sind daher als „unvollständige" Eiweißstoffe aufzufassen, denen aber „Ergänzungsstoffe" die fehlenden Atomgruppen liefern können, so daß dann keine Mängel der Ernährung mehr bestehen. Auch in der Reiskleie handelt es sich vermutlich um besondere Ergänzungsstoffe für die Eiweißstoffe des Reis, und bei den übrigen Avitaminosen vielleicht ebenfalls um einseitige Ernährung mit unvollständigen Eiweißstoffen. — Weitere Klärung dieser Fragen ist abzuwarten.

7. Die Genuß- und Reizmittel.

Eine aus reinem Eiweiß, Fett, Kohlehydraten, Wasser und Salzen zusammengesetzte Nahrung würde immer in einem wesentlichen Punkte noch einer Ergänzung bedürfen: sie würde nur mit Widerstreben genossen werden, solange nicht eine Gruppe von Stoffen vertreten ist, die wir regelmäßig in der Nahrung aller Völker beobachten, nämlich die sogenannten „Genußmittel". Teils versteht man unter dieser Bezeichnung die in der Nahrung enthaltenen oder ihr zugesetzten schmeckenden Stoffe

(die schmeckenden Stoffe des gebratenen Fleisches; das Aroma der Früchte; organische Säuren, wie Weinsäure, Zitronensäure; auch den Zucker; ferner die sog. Würzmittel, wie Salz, Pfeffer, Senf usw.); teils Substanzen, welche weniger wegen ihres Geschmacks, als vielmehr wegen ihrer anregenden Wirkung auf das Nervensystem genossen werden, also mehr als Reizmittel fungieren (Tee, Kaffee, Alkohol, Tabak).

Früher hat man manchen dieser Substanzen einen nährenden oder die Zersetzung von Nährstoffen ersparenden Effekt zugeschrieben. Diese Ansicht ist jedoch als unrichtig erwiesen; kleinere Dosen haben (abgesehen von Zucker) keinerlei stoffliche Wirkung; größere Gaben von Tee, Kaffee usw. führen eher zu einer Steigerung des Eiweißumsatzes, während allerdings für den Alkohol eine geringe Eiweiß sparende Wirkung nachgewiesen ist.

Die Bedeutung der Genußmittel liegt vielmehr darin, daß sie zunächst zur Aufnahme von Nahrung anregen und die Sekretion der Verdauungssäfte befördern. Selbst Versuchstiere weisen eine künstlich geschmacklos gemachte Kost hartnäckig zurück, auch wenn ihnen keine andere Nahrung geboten wird. Der Mensch ist insofern weit empfindlicher, als gewisse Äußerlichkeiten, ein fremdes Aussehen, ein ungewohnter Geruch, eine unappetitliche Art der Darreichung bereits die Aufnahme der Nahrung hindern; ferner stumpft er sich gegen die gleichen Geschmacksreize außerordentlich leicht ab und verlangt eine häufige Abwechslung derselben. In den Gefängnissen ist nichts mehr gefürchtet als das ewige Einerlei der breiigen Konsistenz der Kost und des Hülsenfruchtaromas; und sehr häufig beobachtet man dort den Zustand der „Abgegessenheit“, in welchem die gleiche Nahrung hartnäckig verweigert wird, die vor Wochen oder Monaten gern genossen wurde. Dieser zwingende Einfluß der Geschmacksreize auf die Nahrungsaufnahme ist in früherer Zeit viel zu wenig gewürdigt worden.

Zweitens äußern viele unter den Genuß- und Reizmitteln eine besondere günstige Wirkung auf die Verdauungsorgane, regen (wie z. B. kleine Dosen Alkohol, Koffein, Nikotin u. a. m.) Magen- und Darmbewegung an oder befördern erheblich (wie Zusatz von Kochsalz, Pfeffer, Senf) die Sekretion der Verdauungssäfte; in ganz besonderem Maße regen die Extraktivstoffe des Fleisches die Sekretion des Magensaftes an. — Vielleicht können die ätherischen Öle, Senföl, in geringerem Grade Alkohol, Kaffee usw. auch die Zersetzungen im Speisebrei und den Resorptionsmodus etwas beeinflussen.

Drittens sind die eigentlichen Reizmittel noch dadurch wichtig, daß sie die Empfindung ungenügender Ernährung und Leistungsfähigkeit verdecken. Ihre die Nerven anregende, den Blutdruck und die Energie steigernde Wirkung steht mit psychischen Eindrücken, begeistern-

den Ideen usw. auf einer Stufe. In unserer Zeit regen Schaffens und Strebens sind derartige Reizmittel, welche ohne Schlaf oder störende Nahrungsaufnahme die Leistungsfähigkeit des ermüdeten Körpers rasch wieder herstellen, von großer Bedeutung. Es wird aber geboten sein, dabei nur solche Mittel zu verwenden, welche von schädigenden Neben- und Nachwirkungen möglichst frei sind und eine feine, dem jeweiligen Bedarf angepaßte Abstufung gestatten.

Haben somit die Genuß- und Reizmittel unleugbar eine große und vielseitige Bedeutung für die Ernährung und Leistungsfähigkeit, so ist andererseits ein Maßhalten in ihrem Gebrauch aufs dringendste indiziert. Vor allem ist darauf zu achten, daß nicht etwa Gewöhnung an kleine Dosen eintritt, welche zur Anwendung stetig größerer verleitet; ferner daß, wenn der Körper durch Reizmittel über das Nahrungs- oder Schlafbedürfnis weggetäuscht wurde, die Nahrungs- und Schlafzufuhr in vollem Maße nachgeholt wird. Andernfalls ist eine schnelle und schwer reparable Verschlechterung des Ernährungszustandes unausbleiblich.

Zu schweren Folgen führt insbesondere der Alkoholmißbrauch. Bei anhaltendem übermäßigen Konsum kann er zu Erkrankungen des Herzens, der Leber, der Nieren und des Zentralnervensystems Anlaß geben bzw. diese verschlimmern. Die Folgen mäßigen gelegentlichen Alkoholgenusses werden vielfach übertrieben dargestellt; daß dieser beim normalen Menschen erhebliche Gesundheitsschädigung hervorrufe, daß er die Mortalitätsziffer ungünstig beeinflusse und durch Schädigung des Keimplasmas sogar auf spätere Generationen vergiftend wirke, sind Behauptungen, die nicht bewiesen werden konnten. Zweifellos aber hebt der Alkoholgenuß bei vielen Menschen die sittliche Selbstbeherrschung auf; leichtsinnige Handlungen, Rohheiten, Vergehen und Verbrechen sind sehr oft auf Alkoholrausch zurückzuführen.

Über die Bekämpfung des Alkoholmißbrauchs und über Fürsorge für Alkoholkranke s. in Kap. VIII.

II. Quantitative Verhältnisse des Kraft- und Stoffwechsels.

Zur Ermittelung der Ausgaben des Körpers und der zu ihrem Ersatz erforderlichen Nährstoffmengen dienen folgende Wege:

1. Untersuchungen im Respirationsapparat und Stickstoffbestimmungen im 24stündigen Harn und Kot bei einzelnen im N-Gleichgewicht befindlichen Menschen. Um die ausgeschiedene C-Menge auf die einzelnen Nährstoffe zu verteilen, zieht man zunächst die 3,28fache Menge des N (auf 1 Teil N der Eiweißstoffe kommen 3,28 Teile C) vom Gesamt-C ab. Der Rest entstammt Fett- und Kohlehydraten. — Richtige Mittelwerte lassen sich nur aus zahlreichen längeren Beobachtungsreihen gewinnen.

2. Ausgehend von der Erwägung, daß das Menschengeschlecht durch Instinkt und uralte Tradition im großen ganzen eine richtige Zusammensetzung der Nahrung gefunden hat, können wir aus der Kost freilebender gesunder Indi-

viduen die notwendige Menge und das richtige Mischungsverhältnis der Nahrung entnehmen. Man verfährt so, daß stets eine der genossenen gleiche Portion der Nahrung ins Laboratorium geschafft und dort einer Analyse unterworfen wird. Womöglich ist die Stickstoffbestimmung im 24stündigen Harn zuzufügen; daraus sind die resorbierten Eiweißmengen und die Eiweißkalorien zu berechnen. Ferner ist die Menge der erfahrungsgemäß nicht resorbierten Nährstoffe zu berücksichtigen. — Bei einzelnen Arbeitern, Ärzten usw. sind in dieser Weise öfter Erhebungen angestellt.

3. Mit Hilfe von Untersuchungen über den Verbrauch größerer Gruppen von Menschen und ganzer Völker, s. unten.

Die Bedarfszahlen sind verschieden, je nachdem nur der Bestand erhalten, oder Ansatz von Eiweiß oder Fett, oder aber Verlust von Fett erzielt werden soll.

An Stelle des Kalorien-Maßstabes hat v. Pirquet versucht, eine mehr physiologische Einheit des Nährwerts für die Beurteilung der Ernährung einzuführen. Als Grundmaß dient ihm eine Milch, von welcher 1 g bei der Verbrennung im menschlichen Körper 0,667 Kalorien liefert; 1 g einer solchen Milch soll kurz bezeichnet werden als „Nem“ (Nahrungs-Einheit-Milch), geschrieben n; 100 g Milch = 1 Hektonem usw. In bezug auf die Erhaltung des Körpergewichts ist 1 g Eiweiß = 4—6 n, 1 g Fett = 13 n, 1 g Kohlehydrate = 6 n. — Wieviel Nem für die Ernährung eines bestimmten Menschen erforderlich sind, dafür ist nach v. Pirquet nicht die Wärmebildung, sondern die Resorptionsfähigkeit des Darms maßgebend, die von der Fläche des Darmkanals abhängt. Letztere ergibt sich aus der Sitzhöhe des Individuums (Rumpflänge vom Scheitel bis zur Sitzfläche); die Länge des Darmkanals ist = 10mal die Sitzhöhe, die Darmfläche = Si^2 (Siqua). Nach zahlreichen Beobachtungen soll das Maximum der Nahrung, das der Darm eben noch verträgt 1 Nem pro Si^2 betragen; das Minimum $^3/_{10}$ davon; das Optimum ist sehr wechselnd. Auch das Körpergewicht soll in bestimmtem Verhältnis zur Sitzhöhe stehen, nämlich Si = der 3. Wurzel aus dem 10fachen Körpergewicht (Gelidusi). — Die Unterlagen der Berechnung sind unsicher, die eigentümlichen Bezeichnungen unnötig, Vorteile des „neuen Systems“ nicht erkennbar.

1. Erhaltung des Körperbestandes des Erwachsenen (Erhaltungskostmaß).

Als Mittelzahl für den 24stündigen Nährstoffbedarf erwachsener kräftiger Männer bei körperlicher Arbeit hat Voit 3000 Kalorien, und unter Berücksichtigung der Verteilung auf die verschiedenen Nährstoffe:

105 g resorbierbares Eiweiß, 56 g Fett, 500 g Kohlehydrate

vorgeschlagen.

Diese Zahl unterliegt selbstverständlich erheblichen Schwankungen, z. B. durch die Körpergröße, das Geschlecht (soweit dasselbe Körpergröße und Arbeitsleistung beeinflußt), das Lebensalter; ferner durch die individuelle Energie und Reizbarkeit; lebhafte,

leicht erregte, immer geistig tätige Menschen bedürfen größerer Nahrungsmengen zur Erhaltung ihres Körperbestandes als trägere Temperamente. — Vor allem erfordert die Arbeitsleistung stärkere Zufuhr von Kalorien, namentlich von Fett und Kohlehydraten. Bei andauernder angestrengter Arbeit ist auch eine Erhöhung der Eiweißzufuhr nicht zu umgehen, weil dann die Muskeln großen Umfang haben und sich stark abnutzen.

Auch Witterung und Klima ist von gewissem Einfluß. Je nach der Außentemperatur variiert der Eiweißzerfall relativ wenig; dagegen wird die Wärmebildung durch Kälte gesteigert (s. S. 43). Bei gleichbleibender Kost müßten wir daher eigentlich im Sommer an Gewicht zu-, im Winter abnehmen. Tatsächlich tritt indes häufig das Gegenteil ein, weil im Sommer der Appetit geringer ist, leichter Verdauungsstörungen auftreten, und weil reichlichere Bewegungen im Freien zu starker Schweißsekretion und lebhafterer Fettzerlegung Anlaß gibt, während andererseits im Winter die niederen Temperaturen durch Kleidung und Heizung möglichst ausgeschaltet werden.

Im heißen Klima ist der Kraftwechsel des Arbeitenden der gleiche wie im kalten Klima. Für den Ruhenden besteht bei mäßiger Ernährung keine wesentliche Änderung im körperlichen Verhalten, dagegen wird der Kraftwechsel in belästigender Weise gesteigert durch Überernährung, besonders durch Eiweißüberschuß.

Im kalten Klima ist energische Wärmeproduktion, ferner die Ablagerung einer gewissen Fettschicht im Körper, welche die Wärmeabgabe einschränkt, von Vorteil; gewöhnlich sind auch ausgiebige willkürliche und unwillkürliche Bewegungen zu bestreiten. Für alle diese Zwecke ist reichliche Nahrungszufuhr indiziert.

Eine Sonderstellung nehmen die Frauen zur Zeit der Gravidität und namentlich zur Zeit der Laktation ein. Während der Laktation ist in erster Linie reichliche Eiweißzufuhr notwendig, weil bei einer Verminderung derselben die Sekretion der Milch rasch beeinträchtigt wird und Schrumpfen der Milchdrüse eintritt. Erhöhte Fett- und Kohlehydratzufuhr wirkt bei zu wenig Eiweiß nicht entsprechend steigernd auf die Milchsekretion.

Für die wichtigsten Schwankungen im Erhaltungskostmaß ergibt sich sonach folgende Übersicht:

	Kalorien	Verd. Eiweiß	Fett	Kohlehydrate
Kräftiger Mann bei angestrengter Arbeit	4100	120 g	120 g	600 g
Mittelkräftiger Mann, bei Arbeit (Durchschnittszahl)	2800	80 „	50 „	500 „
Schwächlicher Mann, arbeitend . .	2400	70 „	50 „	500 „
Schwächlicher Mann, ruhend . . .	1800	60 „	40 „	3—400 „
Alte Frau, ruhend	1400	50 „	20 „	150 „
Frau zur Zeit der Laktation . . .	3300	130 „	100 „	450 „

Ein Einfluß, der sehr starke Schwankungen hervorruft, ist im Körpergewicht gegeben und kann eliminiert werden, wenn man das jeweilige Körpergewicht mit dem Energiequotienten, d. h. mit dem Kalorienbedarf pro Kilo Körpergewicht, multipliziert. Letzterer beträgt für den Erwachsenen:

bei Bettruhe und in höherem Alter	20 bis 30 Kal.,
bei mäßiger Arbeit	40 bis 45 „
bei schwerer Arbeit	50 bis 60 „
bei schwerster Arbeit	70 „

Auch nach diesem Ausgleich und bei ausschließlicher Berücksichtigung der Körperkilogramm-Kalorien bleiben immer noch je nach Temperament, Arbeitsleistung usw. starke Schwankungen bestehen.

Auch die Eiweißziffer ist ähnlichen Schwankungen unterworfen. Für Erwachsene bei leichter Arbeit gilt als Mittelzahl:

bei 80	Kilo	Körpergewicht	115 g,
„ 70	„	„	107 „
„ 60	„	„	96 „
„ 50	„	„	85 „
„ 40	„	„	73 „

also 1,4 bis 1,8 g pro Körperkilogramm.

Eine gewisse Beurteilung der Eiweißernährung kann ferner unter Umständen dadurch erfolgen, daß die aus dem Eiweiß gebildeten Kalorien im Verhältnis zu den Gesamtkalorien berechnet werden. Als wünschenswert sind 15 % Eiweißkalorien zu bezeichnen; bei reichlicher Eiweißkost steigt die Ziffer bis auf 20 %; bei vorzugsweise vegetabilischer und knapp zureichender Kost sinkt sie auf 10—11 % der Gesamtkalorien.

Von der Mittelzahl für den täglichen Bedarf einer Bevölkerung ganz verschieden ist der Mindestbetrag von Kalorien und Eiweiß, den ein Erwachsener braucht, um für einen kürzeren Zeitraum sein Leben ohne wesentliche Einbuße an lebenswichtiger Körpersubstanz zu fristen. Hierfür genügen im Mittel etwa 1700 Kalorien, 50 g Eiweiß, 25 g Fett, 300 g Kohlehydrate. Auch diese Zahl schwankt indes sehr stark je nach Alter, Ruhe oder Arbeit und auch nach der Zusammensetzung der Kost, dem Anteil der Kartoffeln an der Zufuhr von Vegetabilien (s. S. 160) usw. — Pro Körperkilogramm ist in solcher Fristnahrung der Betrag der Kalorien auf 25, der Eiweißzufuhr auf 1 g zu bemessen, Körperruhe vorausgesetzt.

Chittenden, Hindhede, Hirschfeld, Neumann u. a. haben gezeigt, daß Erwachsene sich längere Zeit mit einer bestimmten Nahrung von 2400 bis 3200 Kalorien und 40—62 g Eiweiß gesund und leistungsfähig erhalten können. In einem Teil dieser Versuche ist der im Schweiß und Kot ausgeschiedene N nicht berücksichtigt, und nach dieser Korrektur geht der Eiweißumsatz erheblich über den Gehalt einer Fristnahrung hinaus. Außerdem ist aber wohl zu unterscheiden zwischen der für die freilebende Bevölkerung allein in Betracht kommenden Mittelzahl des Bedarfs, die jeder wechselnden Zusammensetzung der nach Instinkt und Geschmacksreizen frei gewählten Kost und dem täglich wechselnden Kräfteverbrauch

Rechnung tragen und selbstverständlich Sicherheitszuschläge enthalten muß, und andererseits der **Mindest**ziffer, die in einer genau bekannten abgemesenen Ration enthalten ist und bei fortwährender Beobachtung des Körpers zu dessen Erhaltung eine Zeitlang ausreicht. Physiologische Versuche über die unterste Grenze der Deckung des Nahrungsbedarfes ergeben keine Normen für die Volksernährung. Bei dieser muß damit gerechnet werden, daß bald eine Luxuszufuhr wohlschmeckender Nahrungsmittel stattfindet, bald ein Fehlbetrag entsteht, weil vielleicht nur Nahrung aufgenommen wird, die wohl gute Geschmacksstoffe, aber wenig Nährstoffe enthält, und daß heute angestrengteste Arbeit geleistet werden muß, während dann wieder Tage der Ruhe und geringeren Bedarfs folgen.

2. Änderung des Eiweiß- und Fettbestandes beim Erwachsenen.

Ein Fleischansatz ist namentlich erforderlich bei Rekonvaleszenten, insbesondere nach fieberhaften Krankheiten, wo wir einen erheblich erhöhten Umsatz im Körper, eine gesteigerte Ausscheidung von Stickstoff, Kohlensäure, Salzen und infolgedessen rasche Abnahme des Körpergewichts beobachten. — Während der Krankheit sind in erster Linie Kohlehydrate indiziert, da durch diese der Eiweißzerfall in wirksamster Weise beschränkt und die Fettdepots des Körpers geschont werden.

Auch in der Rekonvaleszenz ist aus denselben Gründen das Hauptgewicht auf Kohlehydrate zu legen, und erst in einer späteren Periode, wo bereits so viel genossen werden kann, daß der Gesamtbedarf des Körpers durch die Nahrung voll gedeckt ist, muß das Eiweiß über den Bedarf des Kraftwechsels hinaus gesteigert werden, um reichlichen Ansatz zu erzielen.

Ein besonderer Fall einer auf Fleischansatz berechneten Ernährung liegt dann vor, wenn durch eine länger währende unzureichende Kost Eiweißverarmung des Körpers eingetreten und vorzugsweise Wasser und Fett an Stelle der verlorenen Eiweißstoffe getreten sind. Solche „aufgeschwemmte“ Individuen müssen reichlich Eiweiß und zu wenig Kohlehydrate erhalten; um trotzdem Sättigung zu erzielen, sind zellulosereiche Gemüse und Früchte zuzufügen. Ferner sind systematische Muskelbewegungen erforderlich, und der Wassergenuß ist möglichst einzuschränken.

Fettansatz, der über die normalen und wünschenswerten Fettdepots hinausgeht, wird beim Menschen nicht angestrebt, da er die Leistungsfähigkeit des Körpers hemmt und oft geradezu pathologisch wird. Unabsichtlich bewirkt eine Kombination von Fett und überreichlich Kohlehydraten am schnellsten Fettansatz; ferner gehört Körperruhe dazu, und meist noch ein phlegmatisches Temperament.

Fettverlust kann erzielt werden:

a) Durch forcierte Körperbewegung ohne gleichzeitige Steigerung der Nahrung, so daß das Körperfett der Zerstörung anheimfallen muß. b) Durch fast völliges Fortlassen des Fettes und der Kohlehydrate und fast ausschließliche Ernährung mit Eiweiß (Bantingkur). c) Ernährung mit sehr geringen Mengen von Kohlehydraten, aber reichlich Fett und mäßig Eiweiß; das Hungergefühl soll durch die reichlichen Fettmengen unterdrückt werden. — Oder auch einseitige und unzureichende Ernährung z. B. mit Kartoffeln; oder Einschalten von wöchentlich einem Tage, wo nur Milch genossen wird; oder andere Formen der absichtlichen Unterernährung. Daneben starke Körperbewegung; die Wasseraufnahme soll beschränkt und zwischen die Mahlzeiten verlegt werden; um das Hungergefühl zu beschwichtigen, ist die Nahrung auf zahlreiche kleine Mahlzeiten zu verteilen, und Früchte, zarte Gemüse usw. sind zur Sättigung zuzufügen.

3. Wachstum.

Für das Wachstum des menschlichen Körpers ist namentlich in der ersten Zeit nach der Geburt Zufuhr besonders großer Nahrungsmengen erforderlich. Zwar ist beim Menschen im Vergleich zu anderen Tieren die „Wachstumsintensität" auffallend gering, d. h. die Zeit, welche bis zur Verdoppelung des Gewichtes verstreicht, ist sehr lang: bei der Maus 4 Tage, beim Hund 8, beim Rind 47, beim Pferd 60, beim Menschen 180 Tage. Aber der Kalorienverbrauch bis zur Verdoppelung beträgt beim Menschen 29 000 Kal., dagegen bei den vorgenannten Tieren nur etwa 4000 Kal.; und der „Nutzungsquotient", der angibt, wieviel von 100 Kal. Nahrung zum Aufbau verwendet wird, beziffert sich bei jenen Tieren auf 30—40, beim Menschen nur auf 5 (Rubner).

Die Art des Wachstums geht genauer hervor aus folgender Tabelle (s. S. 172). Danach ist die Zunahme des Körpergewichts weitaus am bedeutendsten in den ersten 3—4 Lebensmonaten; von da ab beginnt der Verlauf der Kurve sich allmählich abzuflachen, bis zwischen dem 13. und 16. Jahre nochmals ein steileres Ansteigen erfolgt, so daß im 16. Jahre die tägliche Gewichtszunahme derjenigen des 4.—5. Lebensmonats gleichkommt.

Es würde jedoch irrig sein, wollte man ausschließlich oder wesentlich aus der Gewichtszunahme die Notwendigkeit einer erheblich gesteigerten Nahrungszufuhr ableiten. Dazu ist der Nutzungsquotient zu gering. Auf feste Substanz berechnet, setzt das 10wöchige Kind täglich etwa 8 g Eiweiß an, die im 5. Teil der täglich aufgenommenen Nahrung enthalten sind.

Alter	Tägliche Zunahme	Absolutes Gewicht	Alter	Tägliche Zunahme	Absolutes Gewicht	Alter	Tägliche Zunahme	Absolutes Gewicht
	Gramm	Kilo		Gramm	Kilo		Gramm	Kilo
0	0	3,5	7 Monate	12	8,33	9 Jahre	5,0	24,1
1 Woche	0	3,4	8 „	10	8,63	10 „	5,5	26,1
2 Wochen	43	3,85	9 „	10	8,93	11 „	5,0	27,9
3 „	50	4,25	10 „	9	9,2	12 „	8,8	31,0
4 „	43		11 „	8	9,45	13 „	11,8	35,3
5 „	43	4,8	12 „	6	9,6	14 „	14,0	40,5
6 „	30	5,0	2 Jahre	6,7	12,0	15 „	16,2	46,4
7 „	30	5,2	3 „	4,6	13,6	16 „	19,2	53,4
8 „	30	5,4	4 „	4,6	15,1	17 „	11,0	57,4
3 Monate	28	6,35	5 „	4,4	16,7	18 „	10,7	61,3
4 „	22	7,05	6 „	3,5	18,0	19 „	5,5	63,3
5 „	18	7,55	7 „	6,0	20,2	20 „	4,7	65,0
6 „	14	7,97	8 „	6,0	22,3			

Der hauptsächlichste Grund für das relativ große Nahrungsbedürfnis des jugendlichen Körpers liegt vielmehr darin, daß infolge der relativ größeren Oberfläche die Wärmebildung auf die Körpergewichtseinheit berechnet bedeutend höher ist als beim Erwachsenen. Kinder im Alter von 3—7 Jahren scheiden pro 1 Kilo Körpergewicht mehr als doppelt soviel Kohlensäure aus als Erwachsene, und ein fünfwöchiges Kind liefert *pro Kilo und Tag* 80—100 *Kalorien* gegenüber 40 Kalorien beim Erwachsenen.

Aus dem Kostmaß gesunder Kinder sind folgende Zahlen für den Nahrungsbedarf des Kindes gewonnen:

	Bedarf pro 1 Kilo Körpergewicht			
	Eiweiß	Fett	Kohlehydrate	Kalorien
	Gramm	Gramm	Gramm	
3. Tag	2,4	2,8	2,9	47,8
Ende der 1. Woche . .	3,7	4,3	4,4	73,2
„ „ 3. „ . .	4,8	5,0	5,7	89,6
„ „ 8. „ . .	4,5	5,2	5,4	88,6
„ des 5. Monats . .	4,5	4,8	5,6	86,2
„ „ 12. „ . .	4,0	4,0	8,0	86,2
„ „ 18. „ . .	4,0	3,5	9,0	85,8
„ „ 2. Jahres	4,0	3,0	10,0	85,3

Auch bei *älteren* Kindern ist die Ernährung sorgfältig zu überwachen, besonders in den Jahren der Pubertätsentwicklung. Nach *Heubner* und *Cammerer* braucht ein Kilo Kind an Nahrung:

Alter	Eiweiß	Fett	Kohlehydrate	Kalorien
2— 4 Jahre	3,6 g	3,1 g	9,2 g	75,3
5— 7 „	3,2 „	2,2 „	10,8 „	73
7—10 „	2,7 „	1,3 „	10,2 „	60
11—14 „	2,5 „	1,0 „	8,0 „	55

Schütz gibt folgende Tabelle für Gewicht, Energiequotienten und Kalorienbedarf heranwachsender, sich lebhaft bewegender Kinder:

Alter Jahre	Gewicht Kilo	Energiequotient	Tägliche Kalorien
2— 3	12,0	94,0	1130
3— 4	13,2	96,8	1280
4— 5	15,2	94,9	1414
5— 6	17,1	91,1	1558
6— 7	17,6	93,5	1645
7— 8	21,1	88,6	1870
8— 9	21,5	83,1	1785
9—10	25,0	80,7	2020
10—11	28,1	74,0	2080
11—12	29,0	72,4	2090
12—13	35,5	61,5	2235
13—14	36,3	63,1	2290
14—15	38,0	59,7	2270

Bei Kindern, welche viel körperliche Bewegung im Freien haben, pflegt in dieser Zeit Appetit und Verdauungskraft derartig zu sein, daß sie auch ohne besondere Auswahl der Kost stets die ausreichenden Nährstoffe erhalten. Bei mehr ruhiger, sitzender Lebensweise (Schüler höherer Lehranstalten, Handwerkerlehrlinge usw.) kann dagegen Fürsorge für einen ausreichenden Gehalt der Nahrung an Eiweiß, Fett und Salzen (Eisen) wohl erforderlich werden, wenn nicht der Grund zu dauernden Ernährungsstörungen gelegt werden soll.

III. Anforderungen an die sonstige Beschaffenheit einer zureichenden Kost.

Die tägliche Kost soll nicht nur die nötigen Nährstoffe enthalten und genügende Geschmacksreize in entsprechender Abwechslung bieten, sondern muß noch folgenden Forderungen genügen:

1. soll die Nahrung gut ausnutzbar und leicht verdaulich sein;

2. soll sie durch entsprechende Zubereitung verdaulicher und schmackhafter gemacht werden, darf aber beim Aufbewahren und Zubereiten keine schädlichen Bestandteile, Parasiten, Fäulnisgifte, metallische Gifte usw. aufnehmen;

3. soll sie Sättigung gewähren;

4. soll sie richtig temperiert genossen und

5. es soll die Tageskost in zweckmäßiger Weise auf Mahlzeiten verteilt werden;

6. müssen Qualität und Ursprung der Nahrung einwandfrei sein, insbesondere darf keine Verfälschung oder Vermischung mit gesundheitsschädlichen oder minderwertigen Stoffen vorliegen.

1. Die Verwertbarkeit und Verdaulichkeit der Nahrungsmittel.

Früher glaubte man für die Abschätzung des Nährwertes der einzelnen Nahrungsmittel nur der Resultate der chemischen Analyse zu bedürfen. Aber in unserem Verdauungstraktus verhalten sich die Nahrungsmittel anders als bei der chemischen Analyse. Oft sind die Nährstoffe in Zellulosehüllen eingeschlossen, welche im Darm nicht gelöst werden können, so daß unresorbierte Reste im Kot auftreten; namentlich aber sammeln sich im Kot Verdauungssäfte, Galle, Darmschleim, Darmepithelien, die als „Stoffwechselprodukte" jenen Nahrungsresten gegenübergestellt werden müssen. Ihre Menge wird gesteigert durch vegetabilische Zellmembranen, die teils mechanisch reizend wirken, teils anregende Extraktivstoffe enthalten. Der kalorische Wert bzw. der N-Wert dieser Produkte muß selbstverständlich von dem der aufgenommenen Nahrung in Abzug gebracht werden (Praussnitz, Rubner).

Bei Stoffwechselversuchen sind dementsprechend nicht nur der Brennwert, N-Gehalt usw. der eingeführten Nahrung, und der N-Gehalt des Harns und Schweißes zu bestimmen, sondern es ist auch eine Analyse des zu einer Nahrung gehörigen Kots hinzuzufügen. Um zu erkennen, welche Fäzes zu einer bestimmten Nahrung gehören, führt man vor und nach dem Genuß der Versuchsnahrung sog. markierende Stoffe ein, die dem betreffenden Kot ein charakteristisches Aussehen geben, z. B. Preißelbeeren, Kohle, große Portionen Milch. — Eine Trennung der unverdauten Nahrungsreste des Kots von den in ihm enthaltenen Stoffwechselprodukten läßt sich einigermaßen dadurch ermöglichen, daß letztere in salzsaurem Alkohol und in kochendem Chloralhydrat gelöst werden. Bei animalischer Nahrung besteht der Kot fast nur aus Stoffwechselprodukten und 1 g organische Substanz des Kots ergibt dann im Mittel 6,2 Kalorien; unverdaute Zellmembran liefert pro 1 g = 4—5,5 Kal., drückt also den Brennwert entsprechend dem Grade ihrer Beimengung allmählich herunter (Rubner).

In zahlreichen Versuchen hat sich ergeben, daß die Verwertung der Nährstoffe etwas individuell verschieden ist, daß aber namentlich je nach der Beschaffenheit der Nahrung große Schwankungen auftreten. Ein zu großes Volum setzt die Verwertung herab; ebenso wirken bei manchen Individuen übergroße Fettmengen; ferner große Mengen von Kohlehydraten, in denen Gärungen sich entwickeln. Auch manchen Bakterienarten kommt eine reizende und kotsteigernde Wirkung zu. Vor allem steigert aber der Gehalt der pflanzlichen Nahrung an Zellmembran die Stoffwechselprodukte im Kot; im Durchschnitt bis 36 % der Kalorienzufuhr. — Auch die Mischung verschiedener Nahrungsmittel und die Zubereitung ist von erheblichem Einfluß auf die Resorption.

Die Zellmembran ist für den Menschen nicht etwa als unverdaulich anzusehen; der Mensch resorbiert bei Gemüse und Obst etwa 80 % der Zellmembran, beim Brot 45 %; von den 3 Komponenten der Zellmembran: Zellulose, Pentosane und Restsubstanz (Lignin usw.) werden beim Brot die Pentosane am besten resorbiert, während bei Gemüse und Obst die Verdaulichkeit der Zellulose gleichgroß ist (Rubner).

Trotz der großen Schwankungen lassen sich gewisse Mittelwerte für die Verwertbarkeit der Nahrungsmittel im Darm aufstellen. Ältere Versuche Rubners ergaben folgende Zahlen:

Verlust durch den Kot in Prozenten der Nahrungsaufnahme:

Nahrungsmittel	Von der Trockensubstanz	Vom Eiweiß	Vom Fett	Von den Kohlehydraten
Gebratenes Fleisch	5,3	2,6	—	—
Fischfleisch	4,3	2.5	—	—
Harte Eier	5 2	2,6	4,4	—
Milch	8,8	7,1	5,3	—
Weizenbrot (feinstes Mehl)	4,2	21,8	—	1,1
Roggenbrot, grobes Mehl	13,1	36,7	—	7,9
„ aus ganzem Korn . .	20,9	46,6	—	14,4
Makkaroni	4,3	17,1	—	1,2
Reis (Risotto)	4,1	20,4	—	0,9
Bohnen	18,3	30,2	—	—
Kartoffelbrei	9,5	30.5	—	7,4
Gelbe Rüben	20.7	39.0	—	18,2

Von neueren Zahlen desselben Autors sei angeführt eine Tabelle, welche die Resorption der Proteïnstoffe einiger Vegetabilien in Prozenten der Zufuhr angibt:

Feines Weizenmehl . . .	94 %	Mohrrüben	84 %
Roggen, 65 % Ausmahlung	81 %	Kohlrüben	74 %
Roggen, 82 % Ausmahlung	78 %	Äpfel . .	33 %

sowie eine Übersicht a) der Kalorien und b) des physiologischen Nutzeffekts von 100 g Trockensubstanz:

	a	b		a	b
Brot, 30 % Ausmahlung	385	384	Kartoffeln	360	337
Brot, 75 % Ausmahlung	362	356	Kohlrüben	315	240
Vollkornbrot	344	325	Wirsingkohl	214	105

Bei der Beurteilung namentlich der vegetabilischen Nahrungsmittel sind diese Einschränkungen ihrer Verwertbarkeit stets nach Möglichkeit zu berücksichtigen.

Von der Ausnutzbarkeit und Verwertbarkeit verschieden ist die Leichtverdaulichkeit der Nahrungsmittel. Unter einem leicht verdaulichen Nahrungsmittel verstehen wir ein solches, welches, auch in größerer Menge genossen, rasch resorbiert wird und selbst bei emp-

findlichen Menschen keine Belästigung in den Verdauungswegen hervorruft. Dasselbe Nahrungsmittel (z. B. Käse) kann gut ausnutzbar, aber schwer verdaulich sein; harte und weiche Eier, Stärke und Zucker sind in gleichem Grade ausnutzbar, aber in bezug auf die Schnelligkeit der Verdauung erheblich verschieden.

Als leicht verdaulich sind namentlich gut zerkleinerte, von den Verdauungssäften leicht zu durchdringende, fett- und zellulosefreie Nahrungsmittel zu bezeichnen. Für schwer verdaulich gelten konzentrierte, stark fetthaltige, kompakte Nahrungsmittel, welche dem Durchdringen der Verdauungssäfte viel Widerstand entgegensetzen, oder welche durch scharfe Stoffe usw. den Magen oder Darm abnorm reizen. — Auch auf die Leichtverdaulichkeit einer Nahrung ist deren Zubereitung von großem Einfluß.

2. Aufbewahrung und Zubereitung der Nahrungsmittel.

Bei der Aufbewahrung der zum Genuß bestimmten Nahrungsmittel muß darauf gesehen werden, daß dieselben keinerlei Gerüche, schädliche Stoffe und namentlich keine Infektionserreger aufnehmen können. Besondere, reinlich gehaltene und mit ins Freie gehenden Fenstern versehene, von den Wohn- und Schlafräumen getrennte Vorratsräume sind dazu unerläßlich, fehlen aber nicht selten in städtischen Häusern. — Da ferner die meisten Nahrungsmittel, besonders die animalischen, rascher Zersetzung durch Saprophyten unterliegen, sind antifermentative Mittel anzuwenden, wenn ein Aufbewahren der Nahrungsmittel beabsichtigt ist. Hierzu eignet sich vor allem die Kälte; Keller von ausreichender Tiefe oder Eisschränke finden am häufigsten Anwendung. Zu beachten ist, daß in den Eisschränken die Speisen höchstens auf $+7^{0}$ abgekühlt werden, daß also die Bakterienentwicklung keineswegs ganz aufhört, sondern nur verzögert wird; die Speisen sind daher nur eine begrenzte Zeit haltbar. Ferner muß die Luft der Aufbewahrungsstätten möglichst trocken sein, da sonst leicht Verschimmelung eintritt; durch Ozonisierung der Luft kann dem vorgebeugt werden.

Eine längere Haltbarkeit von Nahrungsmitteln sucht man zu erreichen durch Erhitzen in verschlossenen Gefäßen oder durch Trocknen oder durch Zusatz von Chemikalien; im ersteren Falle sollen die vorhandenen Bakterien abgetötet und der Zutritt neuer Keime verhindert werden, bei den übrigen Verfahren geht man hauptsächlich darauf hinaus, das Substrat nur ungeeignet zur Wucherung von Gärungserregern zu machen.

Erhitzen in geschlossenen Gefäßen ist am längsten bekannt in der Form des Appertschen Verfahrens, das für Fleisch, Gemüse, Milch usw. angewendet wird. In Blechbüchsen wird das Nahrungsmittel zunächst offen gekocht, dann werden die

Büchsen zugelötet und die Erhitzung noch bis zur völligen Abtötung aller Keime fortgesetzt. — Für den Haushalt ist dies Verfahren sehr erleichtert durch die Benutzung von Weckgläsern: Auf den oberen Rand des gefüllten Glases wird ein Gummiring gelegt und auf diesen ein Glasdeckel, der zunächst nur durch eine Feder von oben her schwach angedrückt wird, so daß der Dampf während des Kochens entweichen kann. Bei der nach beendetem Kochen erfolgenden Abkühlung kommt es im Glase zur Kondensation von Wasserdampf und damit zu einer Druckverminderung, so daß durch den äußeren Luftdruck der Deckel keimdicht angepreßt wird. — In ausgedehntem Maße anwendbar ist auch das Trocknen, z. B. für Kartoffeln, Gemüse, Obst, Fleisch usw. Meist läßt man höhere Wärmegrade einwirken, und bedenkliche Bakterien pflegen dabei abgetötet zu werden. Nach einem neueren Verfahren von Krause werden breiige und flüssige Nahrungsmittel oder zubereitete Speisen (Suppen, Kaffee usw.) in einem mit heißer trockener Luft erfüllten Raum in Form feinster Tröpfchen verschleudert, die unter diesen Umständen schnellstens ihr Wasser verdunsten und feines Trockenpulver übriglassen. Dabei erfahren sie keine nennenswerte Erhitzung, weil die Wärmebindung durch die Verdunstung einer solchen entgegenwirkt. In diesen Trockenpulvern ist der Wohlgeschmack besser erhalten, aber es bleibt auch ein ursprünglich vorhandener Keimgehalt unverändert. — Von Chemikalien kommen hauptsächlich in Betracht: Wasserstoffsuperoxyd (für Milch), Formaldehyd (Fleischwaren, Milch), schweflige Säure und Sulfite (Hackfleisch, Dörrgemüse, Wein), Benzoësäure (Margarine, Hackfleisch), Salicylsäure (Fischkonserven, Früchte), Borsäure (Fischkonserven), Flußsäure und deren Salze (Fruchtsäfte, Marmelade) u. a. m. — Im allgemeinen wird die hygienische Beurteilung dieser chemischen Konservierungsmittel dahin lauten müssen, daß alle bei längerem Genuß, namentlich bei Kindern und Kranken und angesichts der Unmöglichkeit, die Zusatzmenge in jedem Einzelfall zu kontrollieren, Schaden anrichten können. Außerdem werden die Mittel gewöhnlich Nahrungsmitteln zugesetzt, um eine Bakterienwucherung oder eine sonstige Minderwertigkeit zu verdecken, die häufig auch trotz des Zusatzes bestehen bleibt. Die Gesetzgebung verbietet daher mit Recht alle solche Mittel. Nur in Zeiten, wo der Gesichtspunkt, alle Nahrungsmittel, die sonst verderben würden, nach Möglichkeit genießbar zu erhalten, überragende Bedeutung hat, z. B. in der Kriegszeit, wird man konservierende Zusätze oft als das kleinere Übel in Kauf nehmen müssen. — Genaueres s. bei Milch, Fleisch usw.

Eine Zubereitung der Nahrungsmittel ist notwendig, einmal um die Speisen schmackhafter zu machen, so daß sie zum Genuß anregen; dann um sie ausnutzbarer und leichter verdaulich zu machen.

Dieser Zweck wird erreicht a) durch Abtrennen der Abfälle. Die aus grober Zellulose bestehenden Hüllen der Gemüse, die Sehnen und Faszien des Fleisches usw. werden entfernt. Über die Menge der Abfälle siehe die Tabelle S. 182. b) Durch mechanisches Bearbeiten. Klopfen des Fleisches sprengt die Bindegewebshüllen; Zerkleinern und Zermahlen bewirkt bei vegetabilischen Nahrungsmitteln eine Trennung der das Eiweiß und die Stärke einschließenden Hüllen, vergrößert die Oberfläche und arbeitet dem Kauen der Nahrung vor. c) Durch Kochen mit Wasser, Dämpfen, Braten, Backen werden Zellulosehüllen gesprengt, Stärkekörner

in lösliche Stärke oder Dextrin übergeführt, das Eiweiß zum Gerinnen gebracht. Die Nahrungsmittel verlieren dabei teils Wasser, teils nehmen sie mehr Wasser auf. Manche lösliche Stoffe gehen in das Kochwasser über. — Anhaftende Parasiten und Infektionserreger werden vernichtet. d) Durch Gärungsprozesse, mittels deren Brotteig, Backwerk usw. aufgetrieben und gelockert, oder Fleisch oder zellulosereichere Vegetabilien verdaulicher gemacht werden (Einlegen von Fleisch in saure Milch; Gärung des Sauerkohls).

Sehr günstig wirken in öffentlichen Anstalten vielfach angewendete Kochverfahren, bei denen man Dampf von 60—70 ° sehr lange auf die Speisen einwirken läßt. Ein Anbrennen, Überkochen usw. kann nicht stattfinden, die Beaufsichtigung ist daher sehr einfach; ferner findet kein Auslaugen der Speisen statt. Fleisch wird zart und saftig, Gemüse werden völlig weich, die Stärke wird besser aufgeschlossen. Allerdings wird leicht über einförmigen Geschmack geklagt.

Für kleine Haushaltungen erreicht man ähnliches durch Verwendung der Kochkiste, d. h. einer Kiste, in deren Mitte die zum Sieden erhitzte Speise eingesetzt wird, während zwischen Topf und Wandungen der Kiste dicke Lagen schlecht wärmeleitenden Materials, Holzwolle, Papierballen u. dgl. eingeschaltet sind. Die Temperatur der Speisen hält sich stundenlang auf 80 bis 90 °; Gemüse können in dieser Weise langsam und sicher gar und weich werden. Das Füllmaterial, das den Geruch der Speisen annimmt, muß von Zeit zu Zeit erneuert werden. — Auch Thermophore, bei denen durch einen luftleer gemachten Mantelraum die Wärmeleitung möglichst verlangsamt ist, lassen sich in gleicher Weise verwenden (teuer).

Bezüglich des Materials der Kochgeschirre ist Vorsicht geboten, da nicht selten Gifte aus denselben in die Speisen übergehen und zu Vergiftungen Anlaß geben. — Kupfer- und Messinggefäße sind mit Vorsicht zu verwenden. Dieselben dürfen nur in völlig blankem Zustande ohne jeden Ansatz von sog. Grünspan zum Kochen benutzt werden. Sauere Speisen dürfen überhaupt nicht in Kupfergeschirren bereitet werden; verschiedenste mehl- und zuckerhaltige Speisen dürfen nicht in denselben aufbewahrt werden, weil durch allmähliche Bildung organischer Säuren Kupfer gelöst werden könnte. Zweckmäßig kommen nur verzinnte oder besser vernickelte Kupfergeschirre in Gebrauch. — Verzinnte Kochgefäße, Konservenbüchsen usw., ferner glasierte bzw. emaillierte irdene oder eiserne Gefäße enthalten oft Blei. Über die mit Bezug hierauf gebotenen Vorsichtsmaßregeln s. Kap. IX. — Vernickelte Gefäße lassen in saure Speisen geringe, aber unschädliche, Spuren von Nickel übergehen. Ähnlich verhalten sich Aluminiumgeschirre.

Da mit den Nahrungsmitteln vielfach Krankheitserreger eingeschleppt werden, ist peinlichste Reinlichkeit in bezug auf alle Küchenutensilien und gelegentliche Desinfektion mit kochender Sodalösung erforderlich.

3. Sättigung und Nahrungsvolum.

Zur Sättigung eines Erwachsenen ist im Mittel eine Tagesmenge von 1800 g fertig zubereiteter Speise erforderlich, doch kommen bedeutende Abweichungen je nach der Art der Nahrung vor.

Unter Sättigungswert einer Nahrung versteht man die Zeit, während deren sie bis zum Verlassen des Magens die Verdauungsorgane in Anspruch nimmt (Kestner). Sättigungsgefühl besteht bei Fülle des Magens und Salzsäure-Sekretion. Fördernd auf die Entleerung des Magens wirken Nahrungsaufnahme, Wohlgeschmack (psychische oder Appetitsmotilität) und Dehnung des Magens; fördernd auf die Magensaftsekretion wirkt wiederum Nahrungsaufnahme und Wohlgeschmack (psychische oder Appetitssekretion), ferner ein Hormon der Schleimhaut des antrum pylori, das durch Fleischextraktivstoffe aktiviert wird; hemmend auf beides die Anwesenheit von Salzsäure und von Fett im Dünndarm, welche Kontraktionen des Dünndarms und auch des sphinkter pylori auslösen; ferner feste Körper vor dem Pylorus.

Bei Fleischnahrung steigert sich die durch Hormonwirkung zustande kommende Magensaftsekretion und dementsprechend die Sättigung mit der Menge des genossenen Fleisches, während bei pflanzlichen Nahrungsmitteln nur die Sinnesreize anregend wirken und keine Steigerung durch die Menge erfolgt. Fleisch hält daher am besten vor, und ist namentlich bei längeren Nahrungspausen geeignet. Die beste Dauerwirkung kommt durch ein Gemenge von Fleisch und stärkehaltiger Nahrung zustande. — Milch steht dem Fleisch in der Wirkung am nächsten, namentlich bei Fettreichtum. Magere Fische haben niedrigen Sättigungswert, da die Fleischextraktivstoffe fehlen, fette sättigen besser. Brot hat geringen Sättigungswert außer bei Fettaufstrich. Gleichen Mengen Mehl in Brei- und Suppenform ist es erheblich überlegen; bei Suppen dehnt die große Flüssigkeitsmenge den Magen und beschleunigt dadurch seine Bewegungen. Kartoffeln haben höheren Sättigungswert als gleiche Kalorien oder gleiche Trockensubstanz in Form von Brot (Kestner, Cohnheim).

Das Volum, in welchem die einzelnen Speisen die gleichen Mengen von Nährstoffen gewähren, hängt ab von den nach der Bereitung vorhandenen Wassermengen. Im allgemeinen sind die animalischen Nahrungsmittel die konzentrierteren, weil sie bei der Zubereitung noch Wasser verlieren, während die Vegetabilien als fertige Speise sehr viel mehr Wasser enthalten, als im Rohzustande. Es beträgt der Wassergehalt von:

Rindfleisch,	frisch	75 %	Weizenmehl	13 %
„	gekocht	57 %	Weizenbrot	38 %
„	gebraten	59 %	Erbsen, roh	14 %
Kalbfleisch,	frisch	78 %	Erbsenbrei	73 %
„	gebraten	62 %	Erbsensuppe	90 %
			Kartoffel, roh	75 %
			Kartoffelbrei	78 %

Leguminosen, Kartoffeln und die meisten anderen Gemüse, die als

fertige Speise stets 80 % Wasser und mehr enthalten, können überhaupt nicht über ein gewisses Maß hinaus genossen werden, weil sonst das Volum der Gesamtnahrung ganz abnorm vermehrt und die Ausnutzung wesentlich herabgesetzt werden würde. Nur für Kranke und Kinder ist daher eine länger dauernde Ernährung mit leicht verdaulicher vegetabilischer Nahrung von flüssiger oder breiiger Konsistenz zu empfehlen.

4. Die Temperatur der Nahrung.

Als normal ist für den Säugling eine Temperatur der Nahrung zwischen + 35° und + 40°, für den Erwachsenen zwischen + 7° und + 55° zu bezeichnen. Niedriger temperierte Speisen und Getränke führen leicht zu gastrischen Störungen, bedingen außerdem Verlangsamung der Herztätigkeit und bei größeren Flüssigkeitsmengen ein Absinken der Körpertemperatur. — Habitueller Eisgenuß in der warmen Jahreszeit ist entschieden bedenklich, ganz abgesehen von der Infektionsgefahr, der man sich durch den Genuß des Roheises aussetzt.

Zu heiße Speisen können Verbrennungen oder wenigstens Hyperämien und Epithelschädigungen der Mund- und Magenschleimhaut bewirken; vielleicht sind sie imstande, die Verdauungsfermente zu beeinträchtigen; außerdem wird durch heiße Getränke die Pulsfrequenz und eventuell die Körpertemperatur erhöht.

5. Verteilung der Tageskost auf Mahlzeiten.

Die zweckmäßigste Verteilung der Mahlzeiten schwankt beim Gesunden nach der Beschäftigung und nach der Art der Kost. Bei körperlicher Arbeit und vorzugsweise vegetabilischer, voluminöser Kost sind häufigere (5) Mahlzeiten zweckmäßig, in der Tagesmitte die stärkste, welche ungefähr die Hälfte der ganzen Ration umfaßt. Bei geistiger Arbeit und eiweiß- und fettreicher Kost ist die englische Sitte, früh eine reichliche Fleischmahlzeit, im Laufe des Tages nur einmal leichte Speisen und die Hauptmahlzeit am späten Nachmittag bzw. Abend einzunehmen, empfehlenswerter.

Bei Arbeitern sind im Mittel 40—50 % der täglichen Eiweißration, 50—60 % des Fettes, 30 % der Kohlehydrate in der Mittagsmahlzeit gefunden; etwa 30 % vom Eiweiß, 30 % vom Fett und 30 % von den Kohlehydraten entfallen auf die Abendmahlzeit; der Rest der Kohlehydrate verteilt sich in Form von Brot auf die verschiedenen kleinen Mahlzeiten.

6. Schutz gegen Verfälschung der Nahrungsmittel.

In früheren Jahren war in Deutschland eine minderwertige Beschaffenheit und eine Fälschung der Nahrungsmittel so verbreitet, daß versucht werden mußte, durch gesetzliche Bestimmungen den Verkehr

mit Nahrungsmitteln, Genußmitteln und Gebrauchsgegenständen zu regeln (Gesetz vom 14. Mai 1879). Dies Gesetz gestattet den Polizeibeamten, von feilgehaltenen Nahrungsmitteln Proben zum Zweck der Untersuchung zu entnehmen. Es sind ferner eine große Anzahl von besonderen Untersuchungsanstalten eingerichtet, an denen „Nahrungsmittelchemiker“ angestellt sind, die sich einer besonderen Prüfung (Bundesratsbeschluß vom 22. II. 1894) unterzogen haben. In diesen Anstalten erfolgt die Untersuchung der entnommenen Proben, und zwar teils darauf, ob minderwertige oder gefälschte Ware vorliegt, besonders aber darauf, ob mit der Fälschung Gesundheitsgefährdung verbunden ist. Das Gesetz verhängt Strafen für denjenigen, „welcher zum Zweck der Täuschung im Handel und Verkehr Nahrungs- und Genußmittel nachmacht oder verfälscht, oder wer wissentlich verdorbene oder nachgemachte oder verfälschte Nahrungs- und Genußmittel unter Verschweigung dieses Umstandes verkauft oder feilhält“; und schärfere Strafen für den Fall, daß der Genuß der betr. Nahrungs- und Genußmittel die menschliche Gesundheit zu beschädigen geeignet ist. — Genaueres siehe bei den einzelnen Nahrungsmitteln.

IV. Begutachtung der Kost eines einzelnen Menschen.

Häufig hat der Arzt festzustellen, ob die Nahrung eines Gesunden oder Kranken ausreichend oder der Ergänzung bedürftig ist. Diese Prüfung kann durch Stoffwechselversuche nach Art des S. 166 beschriebenen ausgeführt werden, sie ist aber für praktische Zwecke zu kompliziert. Man beschränkt sich gewöhnlich auf die Ermittelung der in der Nahrung aufgenommenen Nährstoffe und deren Vergleich mit dem dem Alter, Gewicht usw. entsprechenden Bedarf an Nährstoffen.

Um den Nährwert der zugeführten Nahrung zu bestimmen, kann man 3 Wege einschlagen:

Entweder ermittelt man das Gewicht der rohen Marktware einschließlich der Abfälle. Für manche Nahrungsmittel läßt sich annähernd das Gewicht unter Zugrundelegung des Marktpreises aus dem Einkaufspreis berechnen. Die Zufuhr an Kalorien und einzelnen Nährstoffen ist dann aus Tabellen zu berechnen, welche auf Grund der Analysen der rohen Nahrungsmittel zusammengestellt sind (s. umstehende Tabelle).

Oder die Nahrung wird nach dem Abtrennen der Abfälle im kochfertigen Zustand gewogen (in Familienhaushaltungen schwierig durchzuführen!) und der Nährstoffgehalt nach Tabellen berechnet, welche auf der Analyse dieser kochfertigen Nahrung beruhen.

Oder die Menge der tischfertigen, in diesem Zustande genossenen Speise wird bestimmt und nach besonderen Tabellen, die deren Zusammensetzung angeben, berechnet. — Bei manchen Speisen (Fisch, Geflügel, Obst usw.) bleiben unverzehrte Reste auf dem Teller, die zurückgerechnet werden müßten. Auch ent-

spricht die Zusammensetzung der tischfertigen Portionen je nach den Schwankungen in der Zubereitung nicht immer den Zahlen der Tabellen.

Am besten hält man sich an das erste Verfahren, bringt aber hier die Abfälle in Abzug, die oft bedeutend sind, und im Mittel folgenden Anteil der rohen Ware ausmachen:

Rindfleisch	16 % Abfall	Kartoffeln	20 % Abfall
Hammelfleisch	11 % „	Grünkohl	25 bis 50 % Abfall
Kalbfleisch	14 % „	Wirsing	30 % Abfall
Schweinefleisch	11 % „	Kohlrüben	30 % „
Fische	25 bis 50 % Abfall	Spinat	16 % „

Außer den Abfällen sind ferner die Kotverluste in Abzug zu bringen, die bei den Vegetabilien besonders groß sind (vgl. S. 175). — Am zweckmäßigsten ist es, eine Tabelle zugrunde zu legen, die von der rohen Marktware ausgeht und für diese den Nährstoffgehalt sowohl nach Abtrennung der Abfälle wie auch unter Berücksichtigung des Kotverlustes angibt (s. folgende Tab., die 2 letzten Stäbe).

100 Teile frische Marktware enthalten:

	Wasser	Eiweiß	Fett	Kohlehydrate	Kalorien	Ausnutzbare Eiweiß	Ausnutzbare Kalorien
Tierische Nahrungsmittel:							
Vollmilch	87,5	3,4	3,6	4,8	62	3,2	54
Magermilch	91	3 2	0,8	4,9	41	2,9	38
Butter	14	0,9	83	0.5	780	—	763
Fettkäse	36	27	30	2,5	404	24	390
Quark	48	25	7	3,5	182	22	170
Ei	74	14	11	—	160	11	136
Rindfleisch, mager	76	21	1,5	—	100	17	84
„ fett	54	17	27	—	330	15	300
Kalbfleisch, mager	79	20	0,8	—	90	17	70
Schweinefleisch, mager	72	20	7	—	145	16	125
Huhn	70	19	9	—	160	11	140
Schellfisch	81	17	—	—	70	10	42
Hering	81	10	7	—	110	7	68
Pflanzliche Nahrungsmittel:							
Weizenmehl	15	10	1	75	360	8	316
Roggenmehl	14	11	2	71	360	8	316
Weizenbrot	38	7	1	43	210	6	200
Roggenbrot	44	6	0,5	48	220	5	200
Reis	13	9	0,7	76	350	6	340
Erbsen	14	25	2	55	340	16	260
Kartoffeln	76	2	—	22	98	1,2	68
Kohlrüben	91	1	—	3	28	—	19
Wirsingkohl	87	3	—	6	42	1	30
Spinat	90	3	—	3	32	2	19
Äpfel	84	0,4	—	14	58	—	36

Für die Deckung des Nahrungsbedarfs kommen noch folgende Gesichtspunkte in Betracht: Es stehen uns teils pflanzliche, teils tierische Nahrungsmittel zur Verfügung. Vergleicht man den Gehalt beider an Nährstoffen, so ist aus der Tabelle ersichtlich, daß bezüglich des Eiweißgehaltes die animalischen Nahrungsmittel, z. B. Fleisch, Milch, Käse, den ersten Platz einnehmen. Sie enthalten prozentisch die größte Menge Eiweiß und dieses in einer völlig ausnutzbaren Form; unter den Vegetabilien zeichnen sich nur die Leguminosen durch einen höheren Gehalt an Eiweißstoffen aus, die aber nicht mehr als zu 50—70 % ausnutzbar sind. Kartoffeln, Kohl und andere Gemüse kommen bezüglich der Eiweißzufuhr fast gar nicht in Betracht. — Eine Fettzufuhr wird nur durch fettes Fleisch, Speck, Milch, Butter und fetten Käse, also (mit Ausnahme der zur Speisebereitung benutzten Pflanzenfette) nur durch animalische Nahrungsmittel gewährt. — Kohlehydrate dagegen sind ausschließlich in Vegetabilien enthalten, mit einziger Ausnahme der Milch.

Daraus ergibt sich ohne weiteres, daß wir infolge unseres bedeutenden Bedarfs an Kohlehydraten zunächst auf eine gewisse große Menge von Vegetabilien angewiesen sind. Während wir mit diesen den Bedarf an Kohlehydraten decken, bekommen wir einen sehr geringen Teil Fett und eine nicht unbeträchtliche Menge Eiweiß gleichzeitig zugeführt, und es wird darauf ankommen, deren Menge genauer kennen zu lernen, um danach herauszurechnen, was für weitere Nahrungsmittel der täglichen Kost noch zuzufügen sind.

Rechnet man für den körperlich arbeitenden Mann einen Bedarf von 500 g Kohlehydrate, so sind diese z. B. enthalten in 650 g Reis oder 1040 g Brot oder 2400 g Kartoffeln oder 900 g Leguminosen. Für gewöhnlich wird der größte Teil durch Brot gedeckt; bei körperlich Arbeitenden pro Kopf und Tag im Mittel 600 g. In diesen finden sich 270 g Kohlehydrate; es bleiben dann also noch 230 g Kohlehydrate anderweitig zu decken, also z. B. durch 300 g Reis oder 1100 g Kartoffeln oder 420 g Leguminosen.

Es fragt sich nun, wieviel Eiweiß wir durch die Einführung dieser Vegetabilien gewonnen haben. In 600 g Brot sind 30 g nutzbares Eiweiß enthalten, in 300 g Reis 18 g, in 1100 g Kartoffeln 13 g, im Mittel also in der Tagesration 44 g Eiweiß. — Bei Zugabe von Leguminosen kann die Eiweißzufuhr allerdings 90 g erreichen; es ist indessen ganz unmöglich, pro Tag eine Menge von 420 g Leguminosen zu verzehren, weil sie als fertige Speise ein viel zu großes Volumen darstellen. Daher kann höchstens ein kleiner Teil des Kohlehydratbedarfs mit Leguminosen gedeckt werden; und man gewinnt im Durchschnitt durch die Vegetabilien doch nicht mehr als 45 g nutzbares Eiweiß pro Tag. Es

fehlen dann noch zu einer vollständigen Deckung des Eiweißbedarfs eines Erwachsenen im Mittel: 30 bis 40 g nutzbares Eiweiß.

Wollte man auch dieses Eiweiß durch vegetabilische Nahrung decken, so würde man unvermeidlich eine starke weitere Zugabe von Kohlehydraten bekommen; die Ausnutzung der gesamten Nahrung würde verschlechtert, und das Volumen der Nahrung zu groß werden, weil alle Vegetabilien bei der Zubereitung viel Wasser aufnehmen. Nur bei reichlicher körperlicher Arbeit kann die große Masse der Kohlehydrate im Kraftwechsel zerstört und das große Volum bewältigt werden.

Allein richtig ist es vielmehr, jene 40 g Eiweiß durch animalische Kost zu decken, also z. B. durch 250 g Fleisch oder 1330 ccm Milch oder 300 g (= 6 Stück) Eier oder 200 g Käse, bzw. entsprechende Kombinationen. Nur bei Einschaltung tierischer Nahrungsmittel gelingt es auch, den Prozentgehalt der Eiweißkalorien auf den wünschenswerten Anteil von 15 % der Gesamtkalorien zu bringen (vgl. S. 169).

Trotz Deckung des Eiweiß- und Kohlehydratbedarfs fehlt es der Nahrung oft noch an Fett. Nur wenn Milch, fetter Käse, fettes Fleisch zur Deckung des Eiweißbedarfes verwendet sind, ist Fett genügend vorhanden; andernfalls muß dasselbe in Form von Butter, Speck oder pflanzlichen Fetten zugefügt werden (vgl. S. 161).

Mit ausschließlicher Pflanzenkost können die meisten Menschen auf die Dauer schwer auskommen. Das Fehlen eines ausgedehnteren Blinddarms, die verhältnismäßig geringe Länge unseres Darms, die vergleichsweise kurze Aufenthaltszeit der Nahrung im Darm stellen den Menschen entschieden den Fleischfressern näher. Die Vegetarier weisen vielfach hin auf fremde Völker, welche angeblich rein vegetabilische Kost genießen und dabei hoher Kraftentwicklung fähig sind; es ist indes durch zahlreiche gute Beobachtungen konstatiert, daß auch die Japaner, Chinesen, Inder usw. eine kleine, allerdings nicht in die Augen fallende und daher oft übersehene Menge von animalischem Eiweiß in Form von Käse, getrockneten Fischen u. dgl. genießen. Auch bei unserer ländlichen Bevölkerung besteht die ganz überwiegende Menge der Nahrung aus Vegetabilien, und die animalische Kost tritt scheinbar gänzlich zurück. Wie wichtig aber gerade die kleine Zutat animalischer Kost ist, das sehen wir aus den schlechten Erfahrungen in denjenigen Distrikten, wo die Bevölkerung zu arm ist, um irgendwelche animalische Kost zu genießen (Erzgebirge), ferner an den Gefangenen, welche bis vor wenigen Jahren ausschließlich als Vegetarier genährt wurden. Zu betonen ist aber, daß keineswegs eine Zufuhr tierischer Nahrungsmittel in Form von Fleisch erforderlich ist; auch Milch, Eier, Käse und andere Milchpräparate leisten das gleiche. Fleischlose Ernährung ist für heranwachsende Kinder und Erwachsene ohne jede Gesundheitsschädigung durchführbar, wenn Milchpräparate, Eier und pflanzliche Fette in der Kost enthalten sind.

Bei der Beurteilung einer Kost ist häufig auch die Preiswürdigkeit der Nahrung von Interesse; bei beschränkten Mitteln kommt es

darauf an, zu wissen, in welcher Form die zu reichenden Kalorien, Eiweiß- und Fettmengen am billigsten gewährt werden können. Das Publikum pflegt die Preiswürdigkeit mehr nach dem Volum und nach den Geschmacksreizen der Nahrungsmittel abzuschätzen, während eigentlich die Leistung für den Kraftwechsel und Stoffwechsel maßgebend sein sollte. Vegetabilien werden im allgemeinen als die billigeren angesehen, weil sie leichter ein sättigendes Volum geben, gleichzeitig liefern sie Deckung für den größten Teil des Kraftwechsels. Eine Zugabe animalischer Nahrungsmittel, die zur Unterstützung des Kraftwechsels und namentlich für den Stoffwechsel unerläßlich ist, erscheint relativ teuer, weil ihr Volum so gering ist. Schon aus diesem Grunde kommt die Zufuhr von tierischen Nahrungsmitteln oft schlecht weg. Erst wenn etwa die Hälfte der Eiweißzufuhr aus animalischem Eiweiß besteht, dann darf man in der Regel annehmen, daß die Ernährung ausreichend ist.

Alle Nahrungsmittel, sowohl diejenigen, welche, wie die Vegetabilien, dem Kraftwechsel, als diejenigen, welche vorzugsweise dem Stoffwechsel dienen, lassen sich untereinander nicht auf ihre Preiswürdigkeit vergleichen (frühere Versuche von Demuth). Vielmehr sind nur solche Nahrungsmittel miteinander in Vergleich zu setzen, welche für den gleichen Zweck verwertbar sind; also wenn Bedarf an Kalorien vorliegt, nur solche, mit denen man im wesentlichen Kalorien, oder wenn Eiweiß nötig ist, solche, mit denen man Eiweißstoffe einführt.

Handelt es sich um Deckung der Kalorien, dann ergibt sich für die Preiswürdigkeit folgende Reihenfolge, der die Friedenspreise von 1912/14 zu Grunde gelegt sind:

	Preis für 1 Kilo 1912/14	Für 100 Pf. erhält man nutzbare Kalorien
1. Kartoffeln	8 Pf.	12 500
2. Roggenmehl	30 „	11 000
3. Zucker	40 „	10 000
4. Brot	28 „	7 930
5. Erbsen	40 „	6 600
6. Magermilch	10 „	3 800
7. Magerkäse	50 „	3 400
8. Weißkohl	10 „	3 300
9. Milch	20 „	2 600
10. Butter	300 „	2 530
11. Kohlrüben	20 „	2 300
12. Schweinefleisch	110 „	1 860
13. Äpfel	20 „	1 100
14. Eier	160 „	1 000
15. Schellfisch	40 „	700
16. Rindfleisch	160 „	675

Handelt es sich dagegen um Deckung von Eiweiß, so ergibt sich folgende andere Reihenfolge der Preiswürdigkeit:

Für 100 Pf. erhält man nutzbares Eiweiß:

1. Magerkäse . . .	440	8. Schellfisch . . .	165
2. Erbsen	410	9. Schweinefleisch .	160
3. Roggenmehl . .	300	10. Rindfleisch . .	105
4. Magermilch . . .	290	11. Eier	90
5. Kartoffeln . . .	277	12. Weißkohl . . .	60
6. Milch	180	13. Kohlrüben . . .	20
7. Brot	180	14. Äpfel	10

Eine billigste, noch ausreichende Tageskost für einen Erwachsenen ließ sich 1912/14 z. B. folgendermaßen zusammensetzen:

	Verdaul. Eiweiß	Fett	Kohlehydrate	Preis
500 g Schwarzbrot	30 g	3 g	230 g	14 Pf.
1000 „ geschälte Kartoffeln . . .	10 „	—	200 „	8 „
125 „ Hering	20 „	10 „	—	7 „
500 „ Buttermilch (zu Kartoffelspeise)	15 „	5 „	20 „	6 „
100 „ Magerkäse	20 „	10 „	10 „	5 „
50 „ Schmalz	—	40 „	—	7 „
	95 g	68 g	460 g	47 Pf.
Dazu: Salz, Gewürz, Kaffee usw.				23 „
			Summa	70 Pf.

B. Sozialhygienische Gesichtspunkte bei der Volksernährung.

I. In normaler Zeit.

Besondere Aufmerksamkeit ist nötig, wenn es sich nicht um die Ernährung eines einzelnen Menschen handelt, sondern um die Beschaffung ausreichender Kost für größere Bevölkerungsgruppen, die entweder in öffentlichen Anstalten zusammenleben, oder die sich aus den frei lebenden Familien knapp ernährter Bevölkerungskreise zusammensetzen, oder die eine ganze Provinz oder ein ganzes Land umfassen.

1. Am einfachsten liegen die Verhältnisse bei den öffentlichen Anstalten mit einigermaßen gleichartigen Insassen, z. B. Kranken- und Pflegeanstalten, Gefängnissen, Waisenhäusern usw. In diesen kann eine Begutachtung der Ernährung leicht nach der S. 182 gegebenen Anleitung erfolgen. Aus den hier stets sorgfältig geführten Wirtschaftsbüchern ist zu entnehmen, wie viel rohe Marktware beschafft ist, und

daraus werden nach Abrechnung der Abfälle und des unausgenutzten Anteils die verzehrten, nutzbaren Kalorien, Eiweißstoffe usw. berechnet. Diese Ziffern, durch die Zahl der Insassen dividiert, geben die Zusammensetzung der Tagesration; und sie werden mit der für die betreffende Kategorie von Insassen gültigen Bedarfszahl verglichen. — Vom wirtschaftlichen Standpunkt aus ist es wichtig, auch die Preiswürdigkeit der verabreichten Nahrungsmittel nach dem Beispiel der S. 185 gegebenen Tabelle zu prüfen.

Eine Gleichheit der Individuen in bezug auf den Nahrungsbedarf ist allerdings tatsächlich niemals vorhanden. Weniger nach dem Alter, aber in erheblichem Maße nach Körpergewicht, Arbeitsleistung, vorausgegangener Ernährung usw. kommen Unterschiede vor, die wohl berücksichtigt werden müssen; am besten durch individuell variierte, vom Anstaltsarzt festzusetzende Zulagen. Auch darauf ist zu achten, daß Eintönigkeit in der Konsistenz der Speisen (Breiform!) und in den Geschmacksreizen vermieden wird.

2. Schwieriger gestaltet sich die Beurteilung der Ernährung von Gruppen freilebender Familien der minderbemittelten Kreise.

Hier werden die Verbrauchserhebungen so ausgeführt, daß jede Familie ein Haushaltungsbuch erhält, in dem die Ausgaben für Lebensbedürfnisse und speziell für Nahrungsmittel sorgfältig notiert werden sollen; meist werden für gute Führung der Bücher Belohnungen seitens der Leiter der Enquête in Aussicht gestellt. Die umfangreichste neuere Erhebung in Deutschland ist 1907 vom Kais. Statistischen Amt veranstaltet (2. Sonderheft zum Reichs-Arbeitsblatt, Berlin 1909; s. hier die Lit. über frühere Erhebungen). Sie umfaßte ursprünglich über 4000 Familien mit weniger als 3000 Mark Einkommen; die Mehrzahl der Bücher wurden aber zu kurze Zeit geführt; nur 852 Familien mit mehr als 4000 Köpfen konnten auf Grund einer 12 Monate langen Fortführung der Bücher zur Berechnung verwendet werden.

Eine besondere Schwierigkeit liegt bei diesen Familien in ihrer Zusammensetzung aus Personen sehr verschiedenen Lebensalters. Infolgedessen sind die Ergebnisse weder untereinander vergleichbar, noch läßt sich sagen, welche Bedarfszahl als Norm für die einzelne Familie zu Grunde gelegt werden muß. Um die größten Ungleichheiten auszuschalten, hat man bei der oben angeführten Erhebung des Statistischen Amts alle Familien ausgeschaltet, die Schlafburschen und erwachsene Kinder hatten, und nur 400 sog. Normalfamilien mit durchschnittlich 4,3 Köpfen zum Vergleich herangezogen. Die sonstigen Ungleichheiten suchte man dadurch zu beseitigen, daß man die 1- bis 4jährigen Kinder mit 10%, die 4- bis 7jährigen mit 20%, die 7- bis 10jährigen mit 30%, die 10- bis 13jährigen mit 40% des Bedarfs des

erwachsenen Mannes in die Rechnung einsetzte. — Für die Beurteilung der Ernährung ist dies ein zu unsicheres Verfahren, zumal bei jener Erhebung unter „Bedarf“ nicht der Nahrungsbedarf, sondern die Aufwendungen für die gesamten Lebensbedürfnisse verstanden werden. Um den Nahrungsbedarf einer Familie einheitlich zu berechnen, muß man vielmehr ausgehen von dem Kalorienbedarf, wie er für die verschiedenen Lebensalter durch physiologische Untersuchungen ermittelt ist. Folgende Tabelle gibt (nach Schütz) diesen Bedarf in absoluten Zahlen und in Prozenten des Bedarfs des Erwachsenen:

Alter Jahre	Kalorien-bedarf	In Prozenten des Bedarfs des Erwachsenen	Alter Jahre	Kalorien-bedarf	In Prozenten des Bedarfs des Erwachsenen
0—1	700	25	10—11	2080	74
1—2	900	32	11—12	2090	74
2—3	1130	44	12—13	2235	80
3—4	1280	46	13—14	2290	82
4—5	1440	51	14—15	2270	81
5—6	1558	56	15—16	2390	85
6—7	1645	59	16—17	2480	89
7—8	1870	67	17—18	2570	92
8—9	1885	67	18—19	2685	96
9—10	2020	72	19—20	2800	100

Genau genommen müßte bei diesen Berechnungen auch noch das Gewicht und die Arbeitsleistung des die Einheit repräsentierenden Erwachsenen berücksichtigt werden (Schütz, Z. f. Hyg. u. Inf., Bd. 83, S. 70).

Jede Familie wird nach dieser Tabelle auf eine Anzahl von Erwachsenen oder „Bedarfseinheiten“ von je 2800 Kal. reduziert; z. B. eine Familie von 2 Erwachsenen, einem 12-, einem 8- und einem 4jährigen Kinde hat zusammen einen Bedarf von 10 855 Kal., = 3,9 Einheiten. Damit ist die Vergleichbarkeit der Familien untereinander und die Prüfung, ob die Nahrung der Norm entspricht, ermöglicht.

Die Berechnung der Kalorien und Nährstoffe der verbrauchten Nahrungsmittel erfolgt auch hier nach der Tabelle S. 182 unter Abzug der Abfälle und des nicht nutzbaren Anteils der verzehrten Nahrung.

Da das Jahr 1907 ein Teuerungs- und schlechtes Erntejahr war, und da in diesem Jahre in den untersuchten Familien ein Luxuskonsum sicher nicht stattgefunden hat, dürfen die für den Verbrauch gefundenen Zahlen zugleich als Zahlen für den Mindestbedarf an Nahrung angesehen werden. In der Tat stimmen die in dieser Weise errechneten Werte mit den S. 168 gegebenen Bedarfszahlen für einen Erwachsenen gut überein.

3. Für ein ganzes Volk läßt sich der Verzehr von Nahrungsmitteln dadurch berechnen, daß einerseits der Ernteertrag, die Milch-

produktion, der Verbrauch von Schlachtvieh, Fischen usw., sowie die Einfuhr von Nahrungsmitteln zusammengerechnet und davon andererseits in Abzug gebracht wird die Ausfuhr, die Aussaat und die Menge von Nahrungsmitteln, die als Viehfutter oder zu gewerblichen Zwecken verwendet ist. Der Rest gilt als menschlicher Verbrauch. Beispielsweise betrug in Deutschland 1912/13 in **Millionen Tonnen** (= Milliarden Kilo):

	Ernte und inländische Produktion	Einfuhr- (+) und Ausfuhr- (—) überschuß	Aussaat	Für Viehfutter und gewerbliche Zwecke	Für menschliche Ernährung
Roggen	11,9	— 0,6	— 1,1	— 2,7 [1]	7,6
Weizen	4,5	+ 2,0	— 0,3	— 0,4 [2]	5,75
Kartoffeln . . .	52,1	+ 0,4	— 6,7	— 31,8 [3]	14,0
Gerste	3,65	+ 3,1	— 0,25	— 5,7 [4]	0,8
Hülsenfrüchte . .	0,4	+ 0,3	—	—	0,7
Reis	—	+ 0,2	—	— 0,04 [5]	0.16
Mais	—	+ 1,0	—	— 1,0 [6]	—
Ölfrüchte	0,04	+ 1,6	—	— 1,6 [6]	—
Gemüse	6,0	+ 0,3	—	—	6,0
Obst	2,5	+ 0,8	—	—	3,3
Fleisch (Schlachtgewicht) . . .	3,4	+ 0,2	—	—	3,6
Fische	0,2	+ 0,4	+	—	0,6
Milch	23,8	+ 0,1	—	— 3,1 [7]	20,8 [8]
Zucker	1,9	— 0,6	—	—	1,2

Ferner Eier, Honig, Kakao usw.

Berechnet man aus den nach vorstehender Tabelle für die menschliche Ernährung verbrauchten Mengen die Kalorien und Nährstoffe, so erhält man Ziffern, die über den in anderer Weise ermittelten Nahrungsbedarf erheblich hinausgehen. Manche Zahlen der obigen Tabelle beruhen offenbar auf sehr unsicherer Schätzung; insbesondere ist die Schätzung der Getreideernte, die früher durch die Ortsvorstände, jetzt durch besondere Sachverständige erfolgt, durchschnittlich als zu hoch anzusehen; für die Schätzung der Gemüse- und Obsternte sind fast gar keine brauchbaren Unterlagen vorhanden; bei den Kartoffeln ist namentlich der ans Vieh verfütterte Anteil meist viel zu niedrig angegeben. Unter tunlichster Berücksichtigung aller dieser Fehler stellt sich der Verbrauch pro Kopf der Bevölkerung und pro Tag auf 83 g Eiweiß, 99 g Fett, 470 g Kohlehydrate, 3280 Kalorien.

[1]) Verfütterung an Tiere und Brennerei (Kornbranntwein). — [2]) Stärkefabrikation. — [3]) 1,3 für Stärk, 13,3 für Brennerei, der Rest Viehfutter. — [4]) Viehfutter; 1,7 für Biere. — [5]) Stärkefabr. — [6]) Viehfutter. — [7]) Für Kälberaufzucht und Magermilch für Schweine. Viehbestand: 10½ Mill. Milchkühe, 25½ Mill. Schweine. — [8]) Davon 42% als Vollmilch verkauft.

Andere Berechnungen ergeben etwas niedrigere Werte sowohl für Deutschland wie für andere Völker (B a l l o d), und zwar:

	Nutzbares Eiweiß:	Nutzbare Kalorien:
Rußland	85	2414
Österreich	83	2481
Italien	97	2607
Deutschland . . .	88	2708
Frankreich	96	2749
England	106	2900
Nordamerika . . .	100	2925
Mittel:	**93**	**2684**

Mit der B e d a r f s zahl lassen sich diese Ziffern wiederum nicht unmittelbar vergleichen, weil erstere nur für den E r w a c h s e n e n festgelegt ist, die K o p f - zahl aber auch die Kinder einbegreift. Berechnet man die Anzahl von Kindern in verschiedenem Lebensalter, die in Deutschland vorhanden sind und ermittelt für jede Altersklasse den ihr im Verhältnis zum Erwachsenen zukommenden Kalorienbedarf (vgl. S. 188), so findet man, daß die Kopfzahl der Bevölkerung sich in dieser Beziehung zur Zahl der Erwachsenen verhält wie 100 : 76. Rechnet man dementsprechend obige Verbrauchszahl auf einen Erwachsenen um, so würde sich eine Bedarfszahl von 3530 K a l o r i e n und 121 g E i w e i ß ergeben, mithin immer noch eine höhere Ziffer als bei den einwandfreieren Bestimmungen im physiologischen Experiment, bei der Untersuchung der Kost in öffentlichen Anstalten und in Gruppen von Familien.

Häufig wird für die minderbemittelte Bevölkerung, namentlich in Teuerungsjahren oder bei ungünstiger Lage der Industrie und des Handwerks, eine ausreichende Ernährung mit den vorhandenen Mitteln schwer zu erreichen sein. Es muß daher nach Einrichtungen gesucht werden, durch welche die Ernährung v e r b i l l i g t werden kann.

Dies kann einmal dadurch geschehen, daß der minderbemittelten Bevölkerung die Nahrungsmittel nicht zu Markt- sondern zu E n g r o s - preisen geboten werden, wie in den öffentlichen Anstalten, wo alle Nahrungsmittel soviel als möglich direkt und in großen Massen gekauft, und dadurch die Preise in bezug auf Vegetabilien und Brot erheblich, und noch bedeutender in bezug auf Fleisch (bis 30%) heruntergedrückt werden. Der ärmeren Bevölkerung kann der gleiche Vorteil zugewendet werden durch Vermittlung von K o n s u m v e r e i n e n auf genossenschaftlicher Grundlage. Der Bezug von Fleisch und Fischen läßt sich auch dadurch außerordentlich verbilligen, daß die Kommunalverwaltungen und die Arbeitgeber diese Eßwaren zum Engrospreis verkaufen, Fische an bestimmten Tagen (Freitags).

Von Bedeutung ist ferner Aufklärung über den Nährstoffgehalt der Nahrungsmittel und speziell über solche, welche Eiweiß und Fett b i l l i g liefern. Allerdings müssen die empfohlenen Nahrungsmittel Geschmacks-

reize haben, die dem Arbeiter gewohnt und angenehm sind; von der Anpreisung von Nahrungsmitteln, die fremde Geschmacksreize und ungewohntes Aussehen haben, ist nichts zu erwarten. Besonders wichtig sind in dieser Beziehung die gesalzenen und geräucherten Fische, durch welche der Eiweißbedarf in außerordentlich billiger Weise zu ergänzen ist. Eine bedeutsame Rolle spielen ferner die Molkereiprodukte; Magerkäse (auch in Pulverform zu Suppe, Reis usw. zugesetzt), Buttermilch, abgerahmte Milch (mit Reis, Gries, Kartoffelbrei verkocht) sind außerordentlich billige Eiweißlieferanten; selbst in der Vollmilch ist das Eiweiß noch relativ billig. — Auch durch Surrogate, wie z. B. Kunstbutter und Pflanzenfette, welche billige und schmackhafte Fette für den Haushalt liefern, kann eine beachtenswerte Hilfe gewährt werden.

Eine Verbesserung der Ernährung der minderbemittelten Bevölkerung kann auch durch die Koch- und Haushaltungsschulen erreicht werden. Schon für die Schülerinnen der oberen Klassen der Volksschulen soll hauswirtschaftlicher Unterricht mit praktischen Übungen (Kindervolksküchen) obligatorisch sein. Eine weitere Ausbildung dieses Unterrichts, zugleich mit Vorbildung für Kinderpflege und Kindererziehung, ist den weiblichen Fortbildungsschulen vorzubehalten. Auch gemeinnützige Vereine lassen sich die Gründung von Stätten für eine derartige Ausbildung angelegen sein, und Arbeitgeber haben sich in gleicher Weise betätigt. — In großer Ausdehnung sind auch auf dem Lande landwirtschaftliche Haushaltungsschulen oder Wanderhaushaltungskurse eingerichtet; oder Landpflegerinnen suchen die dortige Jugend sowohl wirtschaftlich wie auch in Säuglings- und Krankenpflege auszubilden. Der weitere Ausbau dieser vortrefflichen Einrichtungen wird sicher dahin führen, daß die späteren Hausfrauen die Kost schmackhafter zuzubereiten verstehen, und daß sie den Nährwert der Speisen und die Preiswürdigkeit der Nahrungsmittel mehr als bisher beachten.

Für wirtschaftlich schwächere Bevölkerungsteile und für weitere Kreise in Notstandszeiten ist ferner eine wesentliche Verbilligung der Kost zu erzielen durch Volksküchen, die ohne Gewinn arbeiten oder aus milden Stiftungen zusetzen, und außerdem durch Engros-Einkäufe in der Lage sind, billig zu wirtschaften. In Deutschland bestehen über 100 Volksküchen-Vereine bzw. Genossenschaften; auch für Schulkinderspeisung, Hortkinder, und speziell für Kranke (in Berlin die v. Rath-Stiftung) sind segensreich wirkende Küchen eingerichtet. Vielfach sind sie an Haushalts- und Kochschulen angegliedert. — Die Behandlung der Gäste in den Volksküchen muß der in Gastwirtschaften durchaus entsprechen; sie dürfen nicht die Empfindung haben, eine Wohltätigkeitseinrichtung in Anspruch zu nehmen.

Die Mittagsmahlzeit, die in Volksküchen gereicht wird, soll, entsprechend den S. 180 mitgeteilten Zahlen, im Durchschnitt enthalten:

40—50 g Eiweiß, 30 g Fett, 160 g Kohlehydrate.

In den Berliner Volksküchen wurden nach Kisskalt in den Vorkriegsjahren für den Preis von 30 Pf. (halbe Portion 20 Pf.) beispielsweise verabreicht:

1. Buletten mit Kartoffeln; 20 g Eiweiß, 1064 Kal.
2. Wurst mit Linsen und Kartoffeln; 80 g Eiweiß, 1244 Kal.
3. Rindfleisch (60 g ohne Fett) mit Kartoffeln; 32 g Eiweiß, 1134 Kal.
4. Pökelschweinfleisch mit Sauerkraut und Erbsenbrei; 91 g Eiweiß, 1800 Kal.
5. Schweinebraten mit Speck, gelben Rüben und Kartoffeln; 22,1 g Eiweiß, 1080 Kal.

Im Mittel: 49 g Eiweiß, 1265 Kalorien; also für eine Mittagsmahlzeit völlig ausreichende Nährstoffmengen.

II. Die Kriegs- und Nachkriegszeit.

Durch die 4½ Jahr dauernde englische Blockade des Krieges 1914 bis 1918 wurde Deutschland von jeder Zufuhr ausländischer Nahrungsmittel abgeschnitten. Nach einer kurzen Zeit beschränkter Einfuhr trat 1919 durch das rapide Sinken des Mark-Werts eine Valuta-Blockade ein, die Deutschland fast noch vollständiger als im Kriege auf die eigene Produktion anwies. Dadurch wurden ganz eigenartige hygienische Verhältnisse geschaffen, die uns manche wichtige Lehren für die Volksernährung geliefert haben.

Allerdings scheint aus der Übersicht S. 189 hervorzugehen, daß früher der Verbrauch an Nahrungsmitteln in Deutschland so hoch war, daß wir selbst durch den Fortfall der Einfuhr eine kritische Änderung der Volksernährung kaum zu befürchten hatten.

Von menschlichen Nahrungsmitteln fielen nur 2 Mill. Tonnen Weizen, 0,3 Mill. Tonnen Reis und 0,3 Mill. T. Hülsenfrüchte fort; dieser Verlust konnte eigentlich eine tiefere Schädigung nicht bewirken. — Aber die Einfuhr hatte uns bisher noch wertvolles Kraftfutter für Tiere gebracht; 3 Mill. T. Futtergerste und 1 Mill. T. Mais, die neben Magermilch und Kartoffeln die Grundlagen der Schweinemast bildeten; und 1,5 Mill. T. Ölfrüchte (Leinsaat, Palmkern-, Baumwollsamen usw.) als Kraftfutter für Milchkühe. Letzteres wurde noch dadurch verringert, daß die Notwendigkeit, mit Brotgetreide sparsam umzugehen, dazu führte, die Kleie, die sonst als Kraftfutter gedient hatte, im Brote zu belassen. Dieser gewaltige Ausfall an Futtermitteln mußte bewirken, daß viel größere Anteile der Roggen- und namentlich der Kartoffelernte als Viehfutter verwendet wurden.

Weiter war aber zu bedenken, daß die reichlichen Ernten der Friedenszeit im Kriege keineswegs fortdauernd zu erwarten waren. Es fehlte an Menschen und Pferden für die Feldarbeit, an Benzin für die Motorbetriebe, und namentlich an N-haltigen Düngemitteln. Trotz aller Bemühungen, diese Ausfälle zu ergänzen, z. B. Düngemittel in Form von

Ammonsulfat oder von Kalkstickstoff im Lande zu erzeugen, bieten z. B. die Ernteerträge 1918/19 folgendes von dem 1913 erhobenen sehr stark abweichende Bild:

Roggen . . .	7,7 Mill. Tonnen	Kartoffeln . .	26,4 Mill. Tonnen
Weizen . . .	2,6 „ „	Zucker . . .	1,5 „ „
Gerste . . .	2,2 „ „	Milch . . .	11,4 „ „

Also eine Abnahme bei Milch und Kartoffeln um die Hälfte, beim Brotkorn um mehr als ein Drittel!

Zahlreiche Maßnahmen wurden gegen die somit offenbar drohende Nahrungsmittelknappheit ergriffen.

Man suchte mehr Land in Kultur zu nehmen, den Rübenbau zugunsten des Brotkorns zu beschränken; das Viehfutter zu mehren durch Sammeln der Haushaltsabfälle, durch Verfüttern von Rübenblättern, Heidekraut, Eicheln und Buchenkernen und sogar von mittels Schwefelsäure aufgeschlossenem Stroh. Ferner versuchte man, Gemüse, Obst, namentlich aber Kartoffeln mehr als bisher durch Trocknen zu konservieren und dadurch den „Schwund“ zu vermeiden, den letztere bei der Aufbewahrung erleiden (s. unter „Kartoffeln“). Die meisten dieser Maßnahmen waren quantitativ ohne Wirkung.

In besonders hohem Grade mußte die Menge der menschlichen Nahrungsmittel sich dadurch steigern lassen, daß von dem Ernteertrag nicht mehr ein so großer Bruchteil zu gewerblichen Zwecken und zur Viehfütterung verwendet wurde. Die Alkoholerzeugung aus Kartoffeln, der Verbrauch von Gerste zur Bierbrauerei, die Herstellung von Stärke aus Weizen, Reis und Kartoffeln, von Seife aus minderwertigen Fetten wurde stark eingeschränkt oder gänzlich eingestellt. — Einen sehr großen Posten machte schon von jeher die Verfütterung an das Vieh aus, und dieser Posten drohte mit dem Einsetzen der Blockade besonders groß zu werden, weil Futtermittel bisher in großer Menge aus dem Ausland bezogen waren. Es wurde daher ein Verbot der Verfütterung von Brotkorn, Mehl und Brotresten an Vieh erlassen; ferner konnte man dadurch, daß der Preis für die Kartoffeln relativ hoch, der für Fleisch entsprechend niedrig angesetzt wurde, den Anreiz zur Fleischproduktion herabsetzen. Aber von diesen Maßnahmen war keine durchgreifende Wirkung zu erwarten; und so entschloß man sich schließlich, die gefährliche Konkurrenz für den menschlichen Nahrungsverbrauch dadurch zu beseitigen, daß etwa ein Drittel des Schweinebestandes und 10 % der Kühe abgeschlachtet wurde; letztere unter Auswahl der schlechtesten Futterverwerter. Es wurde dabei betont, daß durch die Viehfütterung doch nur eine ungünstige Verwertung der Nährstoffe erzielt wird; beim Schwein rechnet man, daß 44 % der verfütterten Kalorien und 24 % der Eiweißstoffe verwertet werden; bei Milchkühen kommen in der Milch nur 24 % der verfütterten Kalorien und 36 % der Eiweißstoffe zum Vorschein. — Alle diese Erwägungen waren theoretisch wohl richtig, haben aber praktisch einen deutlichen Erfolg kaum gehabt.

Die Hauptsache blieb daher eine möglichste Einschränkung des menschlichen Verzehrs. Als nebensächlich seien erwähnt die Mahnungen, nichts zu vergeuden, z. B. die Kartoffeln in der Schale zu kochen, keine Reste auf dem Teller zu lassen usw. Ferner die Empfehlung, neue billige Nahrungsmittel,

Klippfisch, Sojabohnen, Nährhefe, wild wachsende Kräuter, wie Löwenzahnblätter usw., zu genießen; oder das Mehl durch allerlei minderwertige Zusätze (Strohmehl) zu strecken. Auch wurde betont, wir hätten früher 40 % zu viel gegessen und es müsse der einzelne sich nunmehr auf geringere Nahrungszufuhr einstellen. Diese Mahnungen waren teils belanglos, teils geradezu gefährlich, weil sie Unterernährung und Zufuhr von minderwertigen Surrogaten als patriotische Tat erscheinen ließen.

Zu eingreifenderen Maßnahmen schritt man zunächst beim Brot und Mehlpräparaten; dann bei Kartoffeln, Milch, Butter, Brotaufstrich, Fleisch, Eiern, Zucker, Gemüse und Obst. Diese wichtigen Nahrungsmittel wollte man in gleicher Weise allen Bevölkerungsschichten und jedem einzelnen zugänglich machen, so daß ein jeder den gleichen Nachteil zu tragen hatte; und man suchte dies zu erreichen durch Festsetzung von Höchstpreisen und durch Rationierung.

Die Höchstpreise schlossen die große Gefahr in sich, daß die Produzenten nicht ablieferten, wenn der Ertrag nicht ihre Arbeit und Ausgaben reichlich deckte; sie strebten dann auf Schleichwegen höhere Preise zu erzielen oder verfütterten ans Vieh und verzehrten selbst über Bedarf. Die Höchstpreise hätte man daher zweckmäßiger auf einer Höhe halten sollen, daß der Produzent gut auf seine Kosten kam. Wenn dadurch einzelne wirtschaftlich ausnahmsweise ungünstig gestellte Konsumenten zu einer etwas stärkeren Unterernährung gezwungen wurden, so war das sozialpolitisch nicht so schlimm, als wenn die gesamte erfaßte Nahrung erheblich hinter dem Bedarf zurückblieb.

Die Rationierung, früher wohl in belagerten Städten (Paris 1870) angewendet, wurde hier zum ersten Male für eine ganze Bevölkerung versucht, und zwar zunächst in bezug auf Brotgetreide.

Sie begann mit einer Erhebung über die Bestände an Brotkorn; dann erfolgte durch Gesetz vom 25. I. 1915 Beschlagnahme der gesamten Getreide- und Mehlvorräte. Die Verteilung der Vorräte geschah in der „Oberverteilung“ durch die Reichsverteilungsstelle, der als Geschäftsabteilung die „Reichsgetreidestelle G. m. b. H.“ angegliedert war. Ihr lag die Zuführung der Vorräte an die Kommunalverbände (Kreise und selbständigen Städte) ob. Die „Unterverteilung“, d. h. die Verteilung des Mehls an Bäcker, Konditoren und Kleinhändler, ist den einzelnen Kommunalverbänden überlassen; ferner ist den Kommunalverbänden die Verbrauchsregelung vorbehalten, insbesondere die Lagerung der Vorräte, Beschränkungen bezüglich der Herstellung des Brots und die gleichmäßige Befriedigung des Bedarfs an Brot für alle Kreise der Bevölkerung. Letzteres geschah durch die zunächst nur empfohlene, aber durch Gesetz vom 28. VI. 1915 obligatorisch gemachte Einführung der Brotkarte; durch sie soll kontrolliert werden, daß niemand in einer Woche mehr Brot und Mehl entnehmen kann, als festgesetzt ist; und zweitens, daß kein Bäcker mehr Mehl beziehen kann, als sein durch abgetrennte Abschnitte der Brotkarte nachgewiesener Wochenbedarf ausmacht.

Die Kopfportion der versorgungsberechtigten Bevölkerung wurde nicht etwa nach dem physiologisch oder statistisch ermittelten Bedarf, sondern durch Division der Vorräte durch die Kopfzahl festgesetzt; anfangs zu 225 g Mehl pro Kopf und Tag, schon nach 2 Monaten, als die Vorräte knapper wurden, zu 200 g und vom April 1917 ab sogar nur zu 170 g. Ferner wurde das Brot „gestreckt" einmal durch stärkere Ausmahlung, die anfangs auf 82 %, vom Februar 1917 ab auf 94 % festgesetzt wurde, und zweitens durch Zufügung von Kartoffelmehl (im allgemeinen 10 %, beim K-Brot 10—20 %, beim KK-Brot mehr als 20 %).

Unterschieden wurde und wird bei der Verteilung zwischen Selbstversorgern und Versorgungsberechtigten. Erstere können die ihnen zustehende Ration aus der eigenen Produktion zurückbehalten, und die Ration wird ihnen etwas reichlicher bemessen. Für Deutschland stellte sich die Zahl der Versorgungsberechtigten auf rund 50 Millionen Köpfe, die der Selbstversorger auf 17 Millionen.

Ungefähr in der gleichen Weise wurde, zunächst durch Gründung einer Reichskartoffelstelle (9. 10. 1915), dann durch Neuregelung der Versorgung vom 9. 2. 1916, in bezug auf Kartoffeln vorgegangen. Die Rationierung der übrigen wichtigeren Nahrungsmittel folgte, die des Fleisches in Form einer für das ganze Reich gültigen Reichsfleischkarte (21. 8. 1916). — Eine Übersicht der Ober- und Unterverteilung der rationierten Nahrungsmittel für Dezember 1918 mit Angabe einiger Abstufungen und Sonderzuwendungen enthalten die folgenden Tabellen:

	A. Oberverteilung		B. Unterverteilung Berlin	
	Selbstversorger (17 Millionen)	Versorgungsberechtigte (50 Millionen)	Tägl. Grundration	Wöchentl. Zulagen
Mehl (wöchentlich)	2065 g	1680 g. Zulage A. 105 g „ B. 630 „	Brot 336 g	fortgefallen
Nährmittel (monatlich)	2 Kilo Gerste od. Hafer, 1 Kilo Hülsenfrüchte	4 Gruppen, 130—600 g	12 g	
Kartoffeln (wöchentlich)	5850 g	3500 g und 750 g für Brotstreckung	500 g	1500 g in Industriekantinen
Zucker (monatlich)	300 g	300 g	27 g	Kinder 187 — 115 — 58 g
Vollmilch (täglich)	1/4 Liter	Kinder im 1. u. 2. J. 1 L. „ „ 3. „ 4. „ 3/4 „ „ „ 5. „ 6 „ 1/2 „ Schwangere und Stillende . . 3/4 „	nur Kinder, Schwangere, Kranke	
Fleisch (wöchentlich)	400 g	in Großstädten 200 g, Zulage A. 50 g, „ B. 100 „	36 g	50—100 g
Fett (wöchentlich)	100 g	55 g (Berlin 70 g), durch Zulage bis 100 g	10 g	25—70 g
			dazu Aufstrich tägl. 39 g, Eier in 10 Wochen 2 St.	

Der Gehalt der rationierten Tageskost an Kalorien betrug 1539, an Eiweißstoffen 35 gr; er ist übrigens sehr wechselnd gewesen; im Sommer 1916 betrug er: 1988 Kal., 53,8 gr Eiweißstoffe; im Winter 1916/17: 1344 Kal., 31,1 gr. Eiw., und Mitte Juni 1917 (schlechteste Zeit mit Ersatz der Kartoffeln durch Kohlrüben): 1100 Kal., 30,1 gr. Eiweiß.

Was außer den rationierten Lebensmitteln im freien Handel noch erworben werden konnte, war ohne Belang. Eine ziemlich erhebliche Steigerung der Zufuhr wurde aber in allen Schichten der freilebenden Bevölkerung durch ungesetzlichen Erwerb rationierter Nahrungsmittel versucht und erreicht. Nur dadurch konnten viele Menschen vor dem Hungertode oder vor schweren Gesundheitsschädigungen bewahrt werden, die ihnen bei fortgesetzter Beschränkung auf die völlig ungenügende Ration sicher drohten und die in der Tat bei zahlreichen Insassen geschlossener Anstalten, wo jede Zufuhr außerhalb der Ration ausgeschlossen war, eingetreten sind (bis zu 50 % Mortalität der Insassen!).

Vom hygienischen Standpunkt aus kann dieses System der Rationierung und die Art seiner Anordnung und Durchführung keineswegs gebilligt werden, so sehr es auch von sozialen und ethischen Gesichtspunkten aus gepriesen wird. Wäre die rationierte Nahrung wirklich, wie es von den maßgebenden Behörden und leider auch von manchen Ärzten behauptet wurde, genügend für die Ernährung jedes Einwohners gewesen, dann konnte man sich eine Verteilung, die nur den Nahrungsbedarf, diesen aber sicher, deckte, gefallen lassen und konnte in ihr einen gerechten Ausgleich sehen. Dann wurde nur der Luxusverbrauch Einzelner verhütet, der mit Recht in solchen Zeiten unmöglich gemacht werden soll. Tatsächlich stand es aber so, daß die Ration nicht einmal für einen Durchschnittsmenschen ausreichte, geschweige denn für Menschen mit mehr als durchschnittlichen Bedarf; und das besonders Gefährliche bei der gewählten Art der Rationierung lag darin, daß man von den wissenschaftlich feststehenden großen Unterschieden im Nahrungsbedarf wenig oder nichts wissen wollte. S. 168 ist dargelegt, welche bedeutende Differenzen in dieser Beziehung wirklich bestehen. Nicht einmal den ungeheueren Unterschieden, die durch das Alter bewirkt werden, hat die jetzige Rationierung gebührend Rechnung getragen. Nur in einigen Städten, z. B. Breslau, Krefeld, Chemnitz, Mainz, haben die kleinsten Kinder weniger Mehl und Brot erhalten, als die Erwachsenen; in anderen Städten, z. B. in Berlin, Potsdam, Danzig, Barmen, Bremen, bekommt jeder Säugling ebensoviel Brot und Kartoffeln wie der Erwachsene! — Aber auch unter den Erwachsenen finden wir bekanntlich die allergrößten Differenzen des Nahrungsbedarfs je nach Größe und

Körpergewicht, Arbeitsleistung, Temperament usw., so daß z. B. ein großer kräftiger Arbeiter 3 mal so viel Nahrung bedarf, wie eine ruhende ältere Frau. — Ferner wird durch die Rationierung auch in bezug auf Geschmacksreize und Abwechslung der Kost den individuell sehr verschiedenen Bedürfnissen nicht genügend Rechnung getragen. Auch können wir nur bei einer frei gewählten Kost einigermaßen sicher sein, daß Salze und Vitamine (Ergänzungsstoffe) in genügender Menge dem Körper zugeführt werden.

Einige Abstufungen sind dadurch erzielt, daß körperlich stark arbeitende Menschen mit Zulagen bedacht wurden oder eine höhere Ration erhielten (München, Hamburg). Hierbei lag in der einseitigen Betonung der körperlichen Arbeit eine Ungerechtigkeit, denn bei gleich großem Körper haben die geistig angestrengt arbeitenden Menschen einen ebenso großen Nahrungsbedarf. Letztere sind aber noch dadurch besonders benachteiligt, daß sie infolge ihrer gezwungenen ruhigen Lebensweise zugleich vorwiegend auf leicht ertragbare, nicht zu voluminöse Kost angewiesen sind, die sich in Form der rationierten Nahrung schwer beschaffen läßt. — Weitere Nachteile ergaben sich an vielen Orten durch ungenügende spezifische Versorgung der Kinder mit Milch und durch die meist recht mangelhafte Versorgung der Kranken. Ferner war bei der Fleischkarte nicht genügend berücksichtigt, daß breiteste Schichten der Bevölkerung, zumal auf dem Lande, nur an seltenen Fleischgenuß gewöhnt sind und daß daher viele es ablehnten, für verhältnismäßig sehr hohen Preis die ihnen zustehende Fleischration wirklich zu entnehmen. Mit unbenutzten und aufgekauften Fleischkarten haben sich dann namentlich die Gastwirtschaften eine hohe Belieferung sichern können, da sie in bezug auf Fleisch und andere Nahrungsmittel nach der Zahl der abgegebenen Fleischkarten versorgt werden. Die geradezu zum öffentlichen Ärgernis gewordenen Speisewirtschaften, in denen in allen Fleischsorten und Delikatessen geschlemmt werden kann, während die privaten Haushaltungen aufs kärglichste versorgt sind, finden eine Stütze ihrer leider noch immer geduldeten Luxusbetriebe wesentlich in der verfehlten Idee einer gleichmäßigen Fleischverteilung.

Als Folge dieser bedenklichen Mängel der Rationierung haben sich seit deren Einführung bei einem großen Teile der Bevölkerung schwere Gesundheitsschäden bemerkbar gemacht, auf welche unten noch näher einzugehen ist. Am stärksten sind diese Schäden bei den ausschließlich auf die rationierte Nahrung angewiesenen Anstaltsinsassen hervorgetreten; am wenigsten bei der Landbevölkerung, nicht nur weil den Selbstversorgern eine etwas höhere Ration zugebilligt war, sondern weil es ihnen leicht ist, sich darüber hinaus selbst oder von Freunden produzierte Nahrungsmittel zu beschaffen. Sehr starke Schäden in größter Verbreitung sind dagegen in allen größeren Städten bei ihrer nur aus Konsumenten bestehenden Bevölkerung zutage getreten, und hier ganz besonders bei denjenigen, die in bezug auf Körpergröße und -gewicht über dem Durchschnitt stehen, ferner bei denen, die körperlich oder geistig angestrengt

arbeiten mußten, oder die durch chronische Leiden auf besondere Kost angewiesen waren.

Wenn innerhalb der städtischen Bevölkerung die Gesundheitsschädigungen nicht durchweg ebenso schwer gewesen sind wie bei den Anstaltsinsassen, so ist dies wesentlich dem Umstand zu danken, daß fast die gesamte Bevölkerung sich im Schleichhandel Ergänzungen zu der rationierten Kost zu verschaffen wußte, die nach zahlreichen Erhebungen im Mittel etwa 50 % der Ration entsprechen.

Diese Bestrebungen sind, wie aus allen Untersuchungen hervorgeht, keineswegs auf die wohlhabenden Kreise beschränkt; im Gegenteil beteiligen sich die Minderbemittelten daran in mindestens dem gleichen Umfang. Wenden jene mehr Geld auf, so haben letztere die reichlicheren verwandtschaftlichen und freundschaftlichen Beziehungen zu kleinen Erzeugern, von denen am ehesten Lebensmittel zu erlangen sind. Außerdem sind jetzt weiteste Kreise von Arbeitern infolge der enormen Lohnsteigerungen sogar besser in der Lage, Schleichhandelspreise zu bezahlen, als die meisten Bürger und Beamte. — Soweit es sich bei diesem „Hamstern“ von Lebensmitteln um kleine Reserven von Nahrungsmitteln handelt, die nicht über die notwendige Ergänzung des Bedarfs der einzelnen Haushaltung hinausgehen und keineswegs in wucherischer und gewinnsüchtiger Absicht erworben werden, sollte man sie dulden, auch wenn sie ungesetzlich sind. Man kann es vom hygienischen Standpunkt aus nur bedauern, daß gegen solche Verfehlungen so strenge Verordnungen erlassen sind, die jetzt von ungezählten Menschen übertreten werden, auch von solchen, die sich bisher ängstlich vor jeder Gesetzesübertretung gehütet haben. Die Verordnungen gehen von drei vollständig falschen Voraussetzungen aus: 1. daß die Ration zur Ernährung ausreiche; 2. daß die gleichmäßige Rationierung eine gerechte Verteilung der vorhandenen Lebensmittel darstelle und 3. daß übermäßige Genußsucht, nicht aber einfacher Selbsterhaltungstrieb, zum Hamstern Anlaß gebe. Hätten die Gesetzgeber etwas mehr von der Ernährungslehre gewußt, und hätten sie die Motive zur Überschreitung der rationierten Nahrung besser berücksichtigt, so wären unmöglich Verordnungen erlassen, die mit polizeilicher Kontrolle und Gefängnisstrafen verhüten sollen, daß Menschen das tun, was sie als unbedingt nötig für die Erhaltung ihres und ihrer Angehörigen Leben empfinden. Von einem Menschen, dem auf engem Wege ein durchgehendes Gespann begegnet, verlangt man doch nicht, daß er sich lieber überfahren läßt, als daß er zur Seite auf den Rasen geht, dessen Betreten verboten ist! Unverständlich ist es auch, daß sich öffentliche Ankläger und Richter finden, welche die Übertretung solcher Verordnungen ahnden und dem durchgreifenden Unterschied zwischen gewerbsmäßigem wucherischen Schleichhandel und dem Bestreben, sich kleine, aber lebensnotwendige Ergänzungen der Kost zu beschaffen, nicht gebührend Rechnung tragen. Leider sind gerade diese kleinen Aufbesserungen der Ernährung noch ganz neuerdings, zu einer Zeit, wo die Wiederauffütterung der Bevölkerung das wichtigste bevölkerungspolitische Problem darstellt, von dessen Lösung wir die physische und psychische Wiedergenesung des Volkskörpers erwarten, durch die scharfen Bestimmungen der Verordnung vom 20. XII. 1919 besonders erschwert.

Man kann nicht einwenden, daß durch energische Durchführung der Hamsterverbote doch wenigstens eine wesentliche Steigerung der zur Verteilung gelangenden Nahrungsmittel erreicht werde. Nichts davon ist bisher zu merken gewesen, und es ist dies auch kaum anders möglich, da unbestechliche Aufsichtsbeamte nicht entfernt in genügender Zahl zu haben sind, um die zahllosen Menschen zu überwachen, die, einem gebieterischen natürlichen Triebe folgend, sich Zusatznahrung zu verschaffen suchen. Eine Mehrung der Vorräte und eine Erhöhung der Ration ist vielmehr nur erreichbar durch Hebung und Besserung der heimischen landwirtschaftlichen Produktion. Aber auch hier ist mit Strafandrohungen und polizeilicher Kontrolle sicher nichts auszurichten, sondern nur durch Zusammenschluß der Landwirte zu einer Art Selbstverwaltung mit Lieferungsverbänden und durch eine Preispolitik, von welcher ein Anreiz zur Produktion ausgeht.

Von besonderem Interesse sind auch die Preisverhältnisse der Nahrungsmittel während des Krieges und nach demselben. Folgende Tabelle zeigt, daß die Preise während der Kriegsjahre bei den meisten Nahrungsmitteln allmählich auf das Doppelte bis Dreifache des Friedenspreises stiegen, mit Ausnahme des Brotpreises, der wenig verändert war. Eine außerordentliche Steigerung trat dann unter der Valutablockade ein:

Preis für 1 Kilo in Mark:

	Juni 1914	Winter 1917/18	Januar 1920
Rindfleisch . .	2,—	5,60	10,50
Vollmilch . . .	0,20	0,50	2,—
Butter	2,60	6,80	28,—
Eier (20) . . .	1,20	8,—	42,—
Quarkkäse . . .	0,40	2,30	22,—
Roggenbrot . .	0,28	0,40	1,20
Erbsen	0,60	—	9,50
Kartoffeln . . .	0,06	0,09	0,50
Reis	0,50	—	24,—

Die enormen Preise der jüngsten Zeit werden für die Hand- und Industriearbeiter durch entsprechende Steigerung der Löhne einigermaßen ausgeglichen. Bei einigen plötzlichen Verteuerungen rationierter Lebensmittel haben manche Kommunalverwaltungen für die wirtschaftlich schwächeren Bevölkerungskreise es übernommen, den Preisaufschlag selbst zu tragen. Diese Maßnahme erscheint wohlbegründet, wenn man bedenkt, daß nach den Berechnungen des Berliner Statistischen Amts die Ausgabe eines Erwachsenen für Ernährung nach den Preissätzen vom Januar 1920, einschließlich der im freien Handel und im Schleichhandel erworbenen Nahrungsmittel, auf 3265 Mark pro Jahr veranschlagt werden muß!

Den während des Krieges in größerem Umfang hervorgetretenen wirtschaftlichen Schwierigkeiten hat man auch zu begegnen gesucht durch Einrichtung von Massenspeisungen (Volksküchen und Mittelstandsküchen). Die Zahl der täglich verabreichten Portionen betrug im Oktober 1918 z. B. in

Berlin	138 204	Düsseldorf . .	48 101
Charlottenburg .	22 242	Frankfurt a. M. .	39 205
Bremen	25 151	Hamburg . . .	167 088
Breslau . . .	11 195	Leipzig . . .	38 021
Cöln	27 394	München . . .	40 805
Dresden . . .	65 556	Stuttgart . . .	29 643

Diese Art der Speisung wurde demnach in den verschiedenen Städten ungleich energisch betrieben; Hamburg mit 930 000 Einwohnern lieferte täglich 167 000 Portionen, Breslau mit 512 000 Einwohnern nur 11 000. — In der letzten Zeit des Krieges machte sich ein starker Rückgang in der Benutzung bemerkbar, weil es zu sehr an Fett, Mehl, Reis, Hülsenfrüchten fehlte und die Kost infolgedessen weniger schmackhaft und weniger sättigend war.

Die Folgen der andauernden Unterernährung für die Gesundheit der Bevölkerung erfordern noch eine genauere Besprechung.

Ähnlich umfangreiche und anhaltende Ernährungsnöte sind in den letzten Jahrzehnten und Jahrhunderten niemals bekannt geworden. Wohl sind durch Mißernten z. B. in Indien 1899/1900, in Irland 1846—48, in Oberschlesien 1845/47 Hungersnöte hervorgerufen, die eine starke Steigerung der Sterblichkeit bewirkten, und ebenso in Festungen (wie in Paris 1870) infolge der Blockade. Aber diese Nöte hielten in Paris 4 Monate, in Indien 1 Jahr, in Oberschlesien 2 Winter an, während die Not in Deutschland sich jetzt in das sechste Jahr erstreckt.

Die Folgen lassen sich zunächst an der allgemeinen Sterblichkeit erkennen. Nach den im Reichsgesundheitsamt angestellten Berechnungen hatte die deutsche Zivilbevölkerung in den Jahren 1915 bis 1918 eine Mehrsterblichkeit gegenüber dem letzten Friedensjahr von 763 000 Menschen (unter Ausschluß der Grippe). Nach Altersklassen geordnet ergibt sich folgende prozentuale Zunahme der Sterblichkeit im Jahre 1917:

	Alter	Prozentuale Zunahme gegen 1913
Säuglinge und Kinder	0— 1 Jahr	2,4
	1— 5 Jahre	49,3
	5—15 „	55,0
Männliche Erwachsene (nur Zivilisten)	15—48 „	42,2
	48—60 „	29,2
	60—70 „	35,2
	über 70 „	40,8
Weibliche Erwachsene	15—30 „	45,7
	30—60 „	32,7
	60—70 „	30,0
	über 70 „	40,8

Nur auf die Säuglinge hat sich der ungünstige Einfluß nicht erstreckt, was bei dem starken Geburtenrückgang von vornherein zu er-

warten war. Dagegen sehen wir schon bei den heranwachsenden Kindern und in den höheren Lebensaltern eine sehr starke Zunahme der Sterblichkeit.

Von einzelnen Todesursachen ist an dieser Übersterblichkeit hauptsächlich die Tuberkulose beteiligt. In Preußen starben 1913/14 8692 Personen an Tuberkulose, darunter 2306 neue Fälle; 1917/18 dagegen 20 669, darunter 4273 neue Fälle. Es starben also im letzten Kriegsjahr mehr als doppelt so viel Tuberkulöse als im letzten Friedensjahr, und die mühsam erzielte erfreuliche Abnahme der Tuberkulosesterblichkeit, die sich in dem Heruntergehen der Sterblichkeit von 26 pro 10 000 Einwohner im Jahre 1892 auf 14 im Jahre 1913 aussprach, ist in wenigen Kriegsjahren wieder völlig verloren gegangen. Auch nach dem Kriege hat sich die Aufwärtsbewegung der Sterblichkeit noch fortgesetzt, bis erst von der 2. Hälfte des Jahres 1919 ab eine Besserung eintrat, die allerdings nach dem mehrjährigen massenhaften Absterben schließlich selbstverständlich zu erwarten war. — Diese Zunahme der Tuberkulosesterblichkeit ist in erster Linie auf die Unterernährung zurückzuführen. Wir wissen aus Tierversuchen und durch zahlreichste Beobachtungen an Menschen, daß für den Verlauf der Lungentuberkulose und für das frühere oder spätere Eintreten des Todes die Ernährung des Kranken, insbesondere mit Eiweiß und Fett, ausschlaggebend ist; und die Unmöglichkeit, in der Kriegszeit solche Nahrung ausreichend zu beschaffen, mußte mit Bestimmtheit das tödliche Ende zahlreicher Kranker beschleunigen.

Auch die Sterbefälle an anderen Erkrankungen der Atmungsorgane sind andauernd gestiegen und zeigen im letzten Kriegsjahr einen Zuwachs um etwa 20 000. Mit Recht ist darauf hingewiesen, daß hierbei nicht allein die Unterernährung, sondern z. B. das lange Kettestehen auf der Straße vor den Lebensmittelgeschäften, die Schwierigkeiten der Heizung, das mangelhafte Schuhwerk usw. mitgewirkt haben. — Ferner stieg die Sterblichkeit im Wochenbett bedeutend, wohl nicht allein infolge der Unterernährung, sondern auch wegen des Mangels an Seife, Desinfektionsmitteln und Verbandstoffen.

Aber nicht nur in der Zahl der Todesfälle darf man die Beweise für die schlimme Wirkung der Unterernährung suchen; eine Menge von Erkrankungen kommt hinzu, die nicht in der Mortalitätsziffer ihren Ausdruck finden. — Die relativ harmloseste Folge ist die Abnahme des Körpergewichts, die nach zahlreichen zuverlässigen Wägungen im Mittel 20% betragen hat. Untergewichte von 25 bis 35% des Normalgewichts sind nicht selten beobachtet und sind als sehr bedenklich anzusehen, da bei 40% Untergewicht bereits der Hungertod eintritt. Auch die heranwachsenden Kinder nahmen vom 3. Kriegsjahr an an Gewicht ab und ihr Längenwachstum blieb in den Großstädten um etwa 2 cm

hinter der Norm zurück, am ausgesprochensten in den höheren Schulen. — Die Abmagerung hat in der Regel mit einem Fettschwund eingesetzt, der manchen zunächst nicht unwillkommen war, der aber schließlich den Körper einer wichtigen Reserve für Zeiten ganz unzureichender Ernährung beraubte; denn mit 5 Kilo Fett, das durch Einschmelzung dem Stoffwechsel zugeführt wird, vermögen wir 6 Monate lang eine tägliche Zubuße von 300 Kalorien zu liefern.

Nicht selten ist aber der starke Fettschwund noch in anderer Beziehung verhängnisvoll geworden: Die Zahl der eingeklemmten Brüche, insbesondere Schenkelhernien bei Frauen, der Darmverlagerungen usw. hat infolge des Fettschwunds aus den Bruchpforten, und wohl außerdem durch die Auftreibung der Därme infolge der reichlichen vegetabilischen Kost, sowie durch ungewohnte körperliche Anstrengungen bedeutend zugenommen; eine Umfrage in größeren Kliniken ergab, daß die Zahl der betreffenden Bauchoperationen auf das 3—7fache gestiegen war.

Weiter ist über Blutarmut und die daraus sich ergebenden Störungen, Kälte der Haut, Herzschwäche, Pulsverlangsamung, leichtes Ermüden, Aussetzen der Menstruation usw. geklagt. — Auffällig war ferner die am häufigsten in geschlossenen Anstalten, aber auch unter der freilebenden Bevölkerung, namentlich der Großstädte und der Industriebezirke beobachtete Ödemkrankheit, meist gekennzeichnet durch Ödeme an Füßen und Beinen, ohne Eiweißausscheidung im Harn, und wohl wesentlich durch die überreichliche Wasserzufuhr in den Speisen und deren geringen Eiweißgehalt veranlaßt. Auch Hautkrankheiten nahmen zu, teils als Folge der häufigen Indigestionen, teils des schlechten Ernährungszustandes der Haut, teils des Seifenmangels. Sehr häufig waren Magen- und Darmstörungen leichterer und schwererer Art. Ferner traten seit Herbst 1917 in den großen Städten und in den Industriegegenden häufiger Veränderungen des Knochengerüsts auf, die teils ähnlich der Rachitis der Kinder, teils wie die Osteomalazie der Erwachsenen verliefen. Am stärksten zeigte sich das 1. bis 5. Lebensjahr befallen; Kinder vom 6. bis 14. Jahre blieben verschont, dagegen war das 14. bis 19. Lebensjahr stark beteiligt. Bei letzterer Altersklasse und bei älteren Personen scheinen Berufe mit anhaltendem Stehen und schwere körperliche Arbeit disponierend zu wirken. — Die Ursache dieser Erkrankungen hat man besonders im Kalkmangel der Nahrung sehen wollen; jedoch ist gerade die Kalkzufuhr durch den reichlichen Gemüsegenuß in der Kriegszeit höher als früher gewesen; vielleicht ist eher der Eiweiß- und namentlich der Fettmangel der Kriegskost ursächlich beteiligt.

Unerwartet war die relativ geringe Ausbreitung der sonst bei Hungersnöten oft beobachteten Seuchen und das Ausbleiben des sogenannten „Hunger-

typhus". Aus den früheren Erfahrungen läßt sich entnehmen, daß die Verbreitung von Kontagien in Hungersnotzeiten hauptsächlich durch Wanderungen der betroffenen Bevölkerung, durch die Wahllosigkeit, mit der alle Nahrung genossen wurde und durch die Verwahrlosung und Verlausung eines großen Teils der Menschen befördert wurde. Dazu könnte eine gesteigerte Empfänglichkeit in Frage kommen, die allerdings z. B. für die gegen Pocken immunisierte Bevölkerung sich nicht feststellen ließ. Und schließlich wird der Verlauf und Ausgang des einzelnen Krankheitsfalls vom Ernährungszustand stark beeinflußt worden sein. — Letzteres Moment scheint wohl das wichtigste zu sein; war doch die Sterblichkeit in den indischen Hungersnöten zum größten Teil durch auffallend ungünstigen Verlauf der Malaria verursacht. Daneben ist die gesteigerte Verbreitung des Kontagiums zweifellos bedeutungsvoll, die z. B. in Oberschlesien die Ausdehnung von Fleckfieber und Recurrens unterstützt hat, jener Krankheiten, die vorzugsweise den damaligen „Hungertyphus" ausgemacht haben (Kisskalt). Daß wir in der jetzigen langen Hungerzeit nicht stärker unter diesen Seuchen gelitten haben, ist in erster Linie darauf zurückzuführen, daß unsere bewährten Maßnahmen zur Bekämpfung einer Weiterverbreitung kontagiöser Krankheiten auch während der letzten Notjahre mit unverminderter Energie durchgeführt worden sind.

Nicht übersehen darf man schließlich die furchtbaren Wirkungen, welche das Seelenleben des deutschen Volkes durch die anhaltende Unterernährung, durch den ewigen Kampf um das tägliche Brot und um die Befriedigung der einfachsten Lebensbedürfnisse, durch die Unmöglichkeit, sich Leben und Gesundheit zu erhalten ohne ungesetzliche Wege zu betreten, durch den allmählichen Verfall der Kultur und die ganze Trostlosigkeit der politischen Lage erlitten hat. In weitesten Kreisen der Bevölkerung begegnen wir entweder lähmender Entschlußunfähigkeit, Arbeitsunlust, Indolenz und Resignation, oder krankhafter Erregbarkeit, Gereiztheit und hemmungsloser Genußsucht. „Stimmungen und Verstimmungen der Masse, durch kluge Hetzer erzeugt und ausgenützt, treiben die Menschen bald nach rechts in dumpfe Resignation und in passiven Widerstand, bald nach links zu Streik und Aufruhr, zu Bitterkeit und Groll gegen alles bestehende, zur Feindseligkeit gegen unsere deutsche Kultur. Nach den Gesetzen der Massensuggestion, die das Verantwortungsgefühl des einzelnen aufhebt, wachsen die Affekte der leicht entzündlichen Menge unter der Einwirkung skrupelloser Agitatoren lawinenartig an; das Denken schweigt und die Bildung ernster und weitschauender politischer Gesinnung wird zur Unmöglichkeit. Das einzige, was noch Hilfe bringen kann: die innere Einheit, das brüderliche Vertrauen, die tiefe Einsicht in die furchtbare Not des Landes, der gemeinsame Wille zur Überwindung dieser Not — sie fehlen!" (Gaupp).

Literatur: C. v. Voit, Physiologie des allgemeinen Stoffwechsels und der Ernährung, Leipzig 1881. — Rubner, Lehrbuch der Hygiene, Leipzig und Wien 1900. — Biologische Gesetze, 1887. — Gesetze des Energieverbrauchs bei der

Ernährung, 1902. — Volksernährungsfragen, 1908. — Über moderne Ernährungsreformen (von Hindhede und Chittenden), 1914, sowie zahlreiche Publikationen im Archiv für Hygiene, in der Zeitschr. f. Biol. und in der Zeitschr. für Physiologie. — Abderhalden, Neuere Ergebnisse der Eiweißchemie, Jena 1909. — Synthese der Zellbausteine, Berlin 1912. — Zahlreiche Arbeiten von A. und seinen Schülern, in der Z. f. physiol. Chemie, 1903—1912. — König, Die menschlichen Nahrungs- und Genußmittel, 4. Aufl. — Thomas, Nahrung und Ernährung (zu Rubners Nahrungsmitteltafel), Leipzig und Berlin, 1914. — Voit, Untersuchung der Kost in einigen öffentlichen Anstalten, München 1877. — E. und E. Hitzig, Die Kostordnung der psychiatrischen und Nervenklinik der Universität Halle, Jena 1897. — v. Rechenberg, Die Ernährung der Handweber, 1890. — Kaup, Ernährung und Lebenskraft der ländl. Bevölkerung, Berlin 1910. — Funk, Die Vitamine, 1914. — Röhmann, Über künstliche Ernährung und Vitamine, Berlin 1916.

Kriegsernährung: Eltzbacher, Die deutsche Volksernährung, Braunschweig 1914. — Kuczynski und Zuntz, ebenda 1915. — Zuntz, Z. f. ärztl. Fortbild., 1918, Nr. 20. — Lichtwitz, Berl. klin. Woch., 1916, Nr. 34 u. 41. — Loewy und Zuntz, ebenda, 1916. — May, Die deutsche Volksernährung, München und Leipzig 1917. — Witte, Glückauf, Bd. 54. — Gottstein, D. med. Woch., 1915. — Gotschlich und Guth, Öffentl. Gesundheitspflege, 1919, S. 365. — Rubner, Beninde, Gutachten der Wiss. Deputation, Veröff. aus d. Gebiet der Medizinalverwaltung, 1920, Bd. X, H. 3. — Neumann, Viertelj. f. ger. Med., Bd. 57, H. 1.

C. Die einzelnen Nahrungsmittel.

1. Die Kuhmilch.

Die Kuhmilch ist eine Emulsion von Fett in einer Lösung von Eiweiß, Zucker und Salzen. Normalerweise zeigt sie gelblichweiße Farbe, ist schon in dünnen Schichten undurchsichtig, hat einen eigentümlichen Geruch, leicht süßlichen Geschmack und amphotere Reaktion (gleichzeitig schwach alkalisch und schwach sauer). Im mikroskopischen Präparat erscheint sie erfüllt von zahlreichen Fetttröpfchen verschiedener Größe. Die chemische Analyse ergibt im Mittel folgende Zusammensetzung: spez. Gewicht: 1029—33; Wassergehalt 87,75 %, schwankend von 87,0—89,0 %; 11—13 % Trockensubstanz; 3—4 % Eiweiß, darunter 2,9 % Kaseïn (in Kalkverbindung, mit 1,5 % CaO), 0,5 % Lactalbumin, Spuren von Lactoglobulin; 2,7 bis 4,3 % Fett; 3,5—5,5 % Milchzucker und 0,6—1,0 % Salze. Das Kaseïn befindet sich in kolloidaler Lösung. — Der frischen rohen Milch kommt eine geringe bakterizide Kraft zu, die allerdings nur wenigen Bakterienarten gegenüber (Cholera, Typhus) nachweisbar ist, während sie z. B. den Coliarten gegenüber nicht

deutlich hervortritt. Als wirksame Schutzvorrichtung des Körpers kommt diese Eigenschaft kaum in Betracht. — Dagegen kann die Milch bei hochgradig mit Toxinen immunisierten Tieren größere Mengen von spezifischen Antitoxinen enthalten (Diphtherie, Tetanus). Bei anderen als toxisch wirkenden parasitären Krankheiten ist dagegen ein zur Schutzwirkung geeigneter Gehalt der Milch an Antikörpern nicht beobachtet (vgl. Kap. X).

Wie bei allen tierischen Sekreten kommen auch bei der Milch bedeutende Schwankungen in der chemischen Beschaffenheit vor; diese sind abhängig einmal von der Rasse und Individualität, dann von der Zeitdauer der Laktation, von der Tageszeit usw. Ganz bedeutende Differenzen resultieren ferner aus der Fütterung. Die Landwirte unterscheiden namentlich zwischen der Fütterung mit frischem Gras und auf der Weide, und andererseits der sogenannten Trockenfütterung (Heu, Gerstenschrot, Roggenkleie, Runkelrüben). Bei ersterer wird die Milch wasserreicher und zeigt überhaupt bedeutende Schwankungen, Trockenfutter dagegen liefert die gehaltreichste und gleichmäßigste Milch. Ferner ist auch die Zusammensetzung der Nahrung, der Gehalt derselben an Eiweiß usw. von Einfluß. Manche aromatisch riechende und schmeckende Stoffe des Futters gehen leicht in die Milch über und können sie widerlich machen, so namentlich Schlempe und Rübenschnitzel. — Eine eigentümlich starke Verschiedenheit ergibt sich noch für die einzelnen Melkportionen; die erste Portion ist immer bedeutend — um das Zwei- bis Dreifache — fettärmer als die letzte, während Eiweiß und Zucker weniger Schwankungen zeigen.

Trotz dieser Differenzen bietet die zum Markt gebrachte Milch im ganzen doch eine gleichmäßige Zusammensetzung dar, namentlich innerhalb der gleichen Jahreszeit. Es rührt dies wesentlich daher, daß die zu verschiedenen Zeiten und von verschiedenen Kühen gewonnene Milch vor dem Transport gemischt wird. Es lassen sich daher sehr wohl Durchschnittsziffern aufstellen, so daß man berechtigt ist, jede Milch zunächst als verdächtig anzusehen, welche erheblich von diesem Mittel abweicht.

Die Ausnutzung der Nährstoffe der Milch und die biologische Wertigkeit ihrer Eiweißstoffe ist eine gute, wenn auch etwas weniger gut als die des Fleisches. Das Eiweiß wird zu mindestens 90 %, das Fett etwa 95 %, die Salze zu 50 %, der Zucker vollständig resorbiert. Bei Kindern ist die Ausnutzung eine noch bessere (s. unten).

Demnach stellt die Milch ein vorzügliches Nahrungsmittel dar, das bei kleinen Kindern zur vollen Ernährung ausreicht, bei Kindern vom zweiten Jahre an und bei Erwachsenen eine rationelle Ernährung sehr wesentlich unterstützt. Zu ausschließlicher Ernährung Erwachsener ist die Milch nicht geeignet, weil selbst in der schwer resorbierbaren Menge von 4 Litern kaum genügend Kalorien vorhanden sind.

Die Milch ist als Nahrungsmittel um so bedeutungsvoller, als sie für sehr billigen Preis das sonst so schwer zu beschaffende Eiweiß und Fett gewährt (vgl. S. 186).

Der billige Preis erklärt sich indes daraus, daß die Milch eine Reihe von Nachteilen aufweist, die ihre Verwendbarkeit beeinträchtigen. Einmal geht sie außerordentlich rasch unter dem Einfluß von Mikroorganismen Zersetzungen ein, die sie zum Genuß ungeeignet machen, zweitens ist kein anderes Nahrungsmittel so leicht zu fälschen und im Nährwert zu verschlechtern als gerade die Milch; drittens ist sie zur Verbreitung pathogener und infektiöser Bakterien und eventuell von Giftstoffen besonders disponiert. — Auf diese drei hygienisch wichtigen Nachteile der Milch ist im folgenden näher einzugehen.

a) Die Zersetzungen der Milch.

Die Veränderungen, welche die frisch gemolkene Milch allmählich durchmacht, bestehen 1. darin, daß bei ruhigem Stehen die Milchkügelchen an die Oberfläche steigen und dort die Rahmschicht bilden. Diese erscheint nach 24 Stunden als dicke, feste Decke, die sich abheben läßt (Aufrahmen). Man erhält dadurch im Gegensatz zur ursprünglichen „Vollmilch" 2 Teile, den Rahm und die „abgerahmte Milch" oder „Magermilch". Letztere ist je nach der Vollständigkeit des Aufrahmens mehr oder minder fettfrei; werden Zentrifugen zum Entrahmen benutzt, so verbleiben nur etwa 0,15 % Fett in der Magermilch.

2. Bei längerem Stehen der Milch beobachtet man, daß auf der Oberfläche ein weißlicher, pilziger Überzug aus Oidium lactis sich etabliert. Gleichzeitig entwickeln sich in der Flüssigkeit unter dem Rahm zahlreiche Bakterien, am schnellsten bei einer Temperatur von 25 bis 30 °. Besonders verbreitet findet man darunter einige Arten, die man schlechthin als Milchsäurebakterien bezeichnet.

Am meisten beteiligt ist der Streptococcus lacticus (Str. Güntheri oder acidi lactici), ein unbewegliches, den Pneumokokken sehr ähnliches, aber nicht pathogenes Bakterium; grampositiv, aerob und anaerob, am besten bei 32—38 ° wachsend, Rechtsmilchsäure ohne Gasentwicklung liefernd. Besser aerob wächst Bacillus ac. lactici, gramnegativ, mit Bac. aerogenes oder pneumoniae übereinstimmend; bildet Linksmilchsäure, Bernsteinsäure, Essigsäure und Gas. — Auch zahlreiche andere Bakterien (z. B. Colibazillen) bilden gelegentlich Milchsäure.

Durch diese Bakterien wird der Milchzucker vergoren, so daß freie Milchsäure (durch einige Arten außerdem gasförmige Produkte) entsteht. Ist etwa 0,2 % Milchsäure gebildet, so tritt Gerinnung des Kaseïns ein, d. h. dem in Form von Kalkkaseïn in gequollenem Zustand vorhandenen Kaseïn wird der Kalk entzogen, und es fällt als Quark

aus; der untere Teil der Milch scheidet sich damit wieder in zwei Abschnitte, in den *Käse* und das *Serum* (Molke). Ersterer enthält gewöhnlich die Reste von Fett eingeschlossen, so daß das Serum nur noch Milchzucker und Salze aufweist. Die gesamten Zerlegungen der Milch ergeben sich aus folgender schematischer Übersicht:

Vollmilch
(3,4 % Eiw., 3,6 % Fett, 4,8 % Milchz., 0,7 % Salze)

Rahm (3,7 % Eiw., 26 % Fett, 3,5 % Milchz., als Kaffeesahne 10 % Fett)		*Magermilch* (3,2 % Eiw., 0,8 % Fett, 4,9 % Milchz., 0,7 % Salze	
Butter (83 % Fett, 0,9 % Eiw., 0,5 % Milchz.)	*Buttermilch* (3 % Eiw., 1 % Fett, 3,4 % Milchz.)	*Quarkkäse* (25 % Eiweiß, 7 % Fett)	*Molke* (4,5 % Milchz., 0,6 % Salze)

3. Läßt man Milch mehrere Tage stehen, so entwickelt sich Gestank nach Buttersäure und es entsteht reichliches Gas (Wasserstoff); zuweilen wird gleichzeitig das Kaseïn peptonisiert. Alsdann sind *Buttersäurebazillen* in den Vordergrund getreten.

Die meisten beteiligten Arten sind Anaeroben, teils beweglich, teils unbeweglich, bewirken Buttersäuregärung aus dem Milchzucker und liefern daneben oft reichlich Milchsäure. — Will man die *reine* Wirkung der anaeroben Buttersäurebazillen ohne die Milchsäuregärung zur Anschauung bekommen, dann muß man die Milchsäurebakterien abtöten. Es gelingt dies durch *½stündiges Erhitzen* der Milch auf 100°. Die Sporen der Buttersäurebazillen bleiben bei dieser Behandlung am Leben; werden die Flaschen mit der erhitzten Milch fest verschlossen und bei 30—35° gehalten, so ist gewöhnlich binnen 20 Stunden die Milch in lebhafter Buttersäuregärung.

4. Hält man die durch Erhitzen von Milchsäurebakterien befreite Milch in *offenen* Gefäßen bei 30—40°, oder kocht man die Milch vorher *mindestens eine Stunde lang*, so daß auch die Sporen der Buttersäurebazillen abgetötet sind, dann wird eine andere Zerlegung bemerkbar. Die Milch verändert sich äußerlich wenig, das Kaseïn gerinnt nicht, sauere Reaktion fehlt oder ist geringfügig. Daß solche Milch überhaupt zersetzt ist, sieht man nur daran, daß sich unter der Rahmschicht langsam eine transparente Zone ausbildet, die allmählich breiter wird. Die Milch gibt dann deutliche Peptonreaktion; gleichzeitig ist der Geschmack *bitter* und kratzig geworden. Diese Zersetzung wird durch Bakterien aus der Gruppe der *Heubazillen* bewirkt.

Alle die beschriebenen Phasen des Bakterienlebens lassen sich mit geringfügigen Abweichungen in *jeder* Milch beobachten; die betreffenden Bakterien sind offenbar überall verbreitet. Teils entstammen sie den Ausführungsgängen der Euter, in

denen sich Massen von Bakterien zwischen den Melkzeiten zu entwickeln pflegen; teils gelangen sie durch Kuhexkremente in die Milch; fast jede Milch läßt nach dem Absitzen sogar makroskopisch eine Beimengung von Kuhexkrementen erkennen. Auch die zum Sammeln der Milch dienenden Eimer und Gefäße, die Hände des Melkenden, die in die Milch fallenden Fliegen, der Heustaub, der beim Verfüttern trockenen Heus oft in Massen die Luft erfüllt, sind Quellen der Milchbakterien. — Neben diesen „normalen" Bakterien der Milch kommen noch zahlreiche andere Arten mehr oder weniger häufig vor; so z. B. Streptokokken, die nach Herkunft und Wirkung sehr verschieden, zuweilen aber nicht unbedenklich sind (s. unten), ferner „säurefeste" Bazillen, die im Kuhkot und andererseits im Rahm und Butter leicht zu finden sind (vgl. Kap. X).

Wird der Inhalt der Eutergänge zu Anfang jedes Melkens entfernt und nicht mit in den Eimer gebracht, wird der Euter sorgfältig gereinigt, der Schwanz der Kuh festgebunden, werden Hände und Gefäße völlig sauber gehalten und wird das Heu nur in angefeuchtetem Zustand in den Stall gebracht, um Heubazillenhaltigen Staub zu vermeiden, so kann eine nahezu sterile, außerordentlich bakterienarme Milch gewonnen werden. — Auch Melkmaschinen, die mit einem Vakuum arbeiten, sind neuerdings in Gebrauch.

Zuweilen gelangen weniger verbreitete Bakterienarten zufällig in größerer Menge in die Milch und gewinnen dort die Oberhand, z. B. die Bazillen der blauen Milch, welche ein Chromogen produzieren, das bei Luftzutritt und saurer Reaktion dunkelblau wird. Zuweilen tritt rote oder gelbe Milch auf durch Wucherung anderer Bakterienarten, zuweilen schleimige, fadenziehende, in anderen Fällen bittere Milch. Alle diese abnormen Bakterienansiedelungen haben nicht gerade direkte hygienische Bedeutung, aber machen die Milch wegen der starken Veränderung ihres Aussehens oder Geschmacks unverkäuflich.

5. Frische Milch enthält verschiedene Fermente, die bei der Aufbewahrung der Milch bzw. beim Kochen zerstört werden. a) Pepsin- und trypsinartiges Ferment, welches Eiweiß zu spalten vermag; b) diastatisches Ferment, das Stärke in Zucker, sowie ein anderes (bakterielles?) Ferment, das Milchzucker in Glykose überführt; c) Superoxydase (Katalase), zerlegt Wasserstoffsuperoxyd unter Bildung von Wasser und molekularem O ($2H_2O_2 = 2H_2O + O_2$). Die Milchkatalase entstammt anscheinend teils Leukocyten, teils saprophytischen Bakterien, sie zerfällt bei 65—70°; d) indirekte Oxydasen, Peroxydasen, vermögen bei Gegenwart von H_2O_2 Oxydationen auszuführen, da sie dieses in Wasser und atomistischen O zerlegen ($H_2O_2 = H_2O + O$). Werden zerstört bei 72—75°; e) Reduktasen, entfärben Methylenblau, bilden aus Schwefel H_2S; werden bei 70—80° zerstört.

b) Die Fälschungen der Milch.

Die Fälschung besteht hauptsächlich im Entrahmen oder im Wasserzusatz oder in einer Kombination von beiden Manipulationen. Entfettete und verdünnte Milch hat natürlich einen entsprechend

geringeren Nährwert. Außerdem können durch den Wasserzusatz Infektionserreger in die Milch gelangen. — Andere Fälschungen, z. B. Zusatz von Stärke, Dextrin, Gips, Gehirn usw., sind nur Kuriosa ohne größere Bedeutung. Dagegen werden der Milch sehr häufig Konservierungsmittel zugefügt, welche bestimmt sind, die Milch länger haltbar zu machen. Der Händler wendet aber diese Mittel gewöhnlich dann an, wenn schon ein gewisser Bakterienreichtum der Milch vorhanden ist und die bald zu erwartende äußerlich sichtbare Veränderung der Milch, die Gerinnung, noch eine Zeitlang hinausgeschoben werden soll. Zu diesem Zweck wird am häufigsten Soda oder Natron bicarbonicum oder Borax benutzt. Alle diese Mittel hindern aber das Bakterienleben in der Milch in keiner Weise, dasselbe wird im Gegenteil eher begünstigt, und lediglich die Entwicklung freier Säure und damit die Gerinnung wird (übrigens auch nur für kurze Zeit) verzögert. Diese Mittel sind also gefährlich, weil sie nur das äußere Kennzeichen einer schlechten Beschaffenheit der Milch verdecken, während sie dagegen Zahl und Arten der Bakterien nicht vermindern. — Sehr häufig wird im Hochsommer die Milch in den Handlungen aufgekocht, ehe der Säuregrad bis zur Gerinnung der Milch gesteigert ist. Auch dadurch wird eine zu lange oder unzweckmäßige Aufbewahrung und infolgedessen eine intensive Zersetzung der Milch nur verschleiert, und das Bakterienleben derartig verschoben, daß gerade bedenklichere Zersetzungserreger in den Vordergrund gelangen.

Borsäure zeigt sehr wenig konservierende Wirkung. Besseren Effekt haben Salizylsäure (0,75 p. m.), Formalin (0,2 p. m.) und Wasserstoffsuperoxyd (2,0 p. m.), welche die Entwicklung der Bakterien kräftig hemmen, ohne den Geschmack der Milch zu stark zu alterieren. Wasserstoffsuperoxyd tötet sogar in der angegebenen Konzentration die meisten saprophytischen und pathogenen Bakterien. Durch mäßiges Erwärmen oder durch Zusatz tierischer Fermente (Katalase des Rinderserums) kann das Wasserstoffsuperoxyd wieder zerlegt werden, so daß es in der Milch nicht nachweisbar bleibt (Perhydrase-Milch, v. Behring). — Alle derartige Konservierungsmittel der Milch dürfen indes in normalen Zeiten grundsätzlich nicht geduldet werden, weil sie bei anhaltendem Genuß nicht als indifferent, insbesondere für den kindlichen Organismus, anzusehen sind, und weil die Wiederbeseitigung des H_2O_2 in praxi nicht zuverlässig genug erfolgen würde. Letzteres ist nur in der jetzigen milcharmen Zeit als Zusatz zu Magermilch in einer Menge von höchstens 50 ccm einer 3%igen Lösung pro Liter gestattet.

c) Krankheitserreger und Gifte der Milch.

Die gewöhnlichen, bei Temperaturen unter 24° gewucherten Saprophyten der Milch scheinen selbst in großer Menge unschädlich zu sein.

Die in den Milchstuben geronnene Milch, ebenso Kephir und ähnliche Präparate, welche enorme Mengen von Milchsäurebakterien enthalten, werden im allgemeinen ohne Nachteil vertragen

Auch der Mehrzahl der Buttersäurebazillen scheint eine erheblichere schädigende Wirkung nicht zuzukommen; sie finden sich in jedem menschlichen Darm, fast in jedem Wasser usw. — Nicht ganz indifferent sind einige Arten aus der Heubazillengruppe. Verfüttert man Milch, die eine Reinkultur dieser Bazillen enthält, an junge Hunde oder Meerschweinchen, so erkranken sie schon nach wenigen Stunden an profusen Durchfällen und gehen nach 4—6 Tagen zugrunde. Das Toxin ist in der Leibessubstanz der lebenden Bazillen enthalten; Filtrate oder abgetötete Kulturen sind unwirksam. — Auch unter den fast in jeder Milch vorhandenen, bei höherer Temperatur stark wuchernden Streptokokken sind vermutlich häufiger solche vertreten, die toxische Produkte liefern.

Ferner werden durch die Milch Erreger menschlicher Infektionskrankheiten, namentlich des Typhus, verbreitet. Kommt in einer Milchwirtschaft ein solcher Krankheitsfall vor, so vollzieht sich die Übertragung der Infektionserreger auf die Milch meist dadurch, daß Bazillenträger (sog. Dauerausscheider) oder die mit dem Kranken beschäftigten Personen Infektionserreger an den Händen behalten und in die Milch bringen; zuweilen auch durch das Wasser eines infizierten Brunnens gelegentlich der Spülung der Gefäße oder der Fälschung der Milch. Die Typhusbazillen können sich in sterilisierter Milch ohne sichtbare Veränderung derselben lebhaft vermehren. In nicht sterilisierter Milch ist die Vermehrung durch die Konkurrenz mit den gewöhnlichen Milchsaprophyten erschwert. Auch bei Cholera-, Diphtherie- und Scharlachepidemien ist die Milch zuweilen als Vehikel der Keime angeschuldigt worden.

Vom erkrankten Tier aus kann die Milch häufig Tuberkelbazillen auf den Menschen übertragen. Man darf annehmen, daß in städtischen Milchwirtschaften mehr als 10 % der Kühe tuberkulös sind; sie häufen sich dort, weil tuberkulöse Kühe nicht konzipieren und nicht fett werden, und deshalb aus den auf Tierzucht oder Mast eingerichteten ländlichen Wirtschaften möglichst ausrangiert werden. Etwa die Hälfte dieser Tiere liefert, auch wenn keine Erkrankung des Euters bemerkbar wird, eine Tuberkelbazillen-haltige Milch.

In seltenen Fällen erfolgt Übertragung der Maul- und Klauenseuche der Rinder auf Menschen. Diese erkranken unter Fieber, Verdauungsstörungen und bekommen einen Bläschenausschlag auf Lippen und Zunge, zuweilen an den Händen.

Ob Milzbrand und Wut durch Milch auf Menschen übergehen können, ist zweifelhaft. — Von Kühen, die an Mastitis erkrankt waren, werden Streptokokken durch die Milch übertragen, die mikroskopisch durch ihr

staketförmiges Aussehen (abgeplattete Glieder) ausgezeichnet sind, meist harmlos zu sein, zuweilen aber Darmkatarrhe veranlaßt zu haben scheinen. Auch die Erreger von Enteritis der Kühe können vermutlich durch Infektion der Milch mittels Kuhkotteilchen auf Menschen übergehen.

Von Giften kommen anscheinend hauptsächlich Colchicin, vielleicht auch die Gifte von Hahnenfuß, Dotterblumen usw. in Betracht, die mit dem Futter aufgenommen werden und Darmaffektionen bei Kindern veranlassen können. Auch das Solanin verdorbener Kartoffeln, ferner gewisse Medikamente gehören möglicherweise hierher.

Die prophylaktischen Maßregeln gegen die aus dem Milchgenuß erwachsenden Gefahren bestehen 1. in der Kontrolle der Marktmilch, 2. in der Überwachung der Milchwirtschaften, 3. im Präparieren der Milch im großen Maßstabe vor dem Verkauf derselben, 4. im Präparieren der Milch durch den einzelnen nach dem Kauf.

1. Die Untersuchung und Kontrolle der Milch.

Eine normale Milch soll keinerlei Fälschung oder Zusatz erfahren haben, frisch und unzersetzt sein und keine Krankheitserreger enthalten. Die Kontrolle mittels einfacher, womöglich ohne Laboratorium ausführbarer Methoden soll zunächst Fälschungen dadurch erkennen oder ausschließen, daß sie a) das spezifische Gewicht ermittelt (dasselbe schwankt bei normaler Milch zwischen 1029 und 1033, bei abgerahmter Milch zwischen 1032 und 1037; der Trockenrückstand der Vollmilch beträgt mindestens 10,5 %); b) durch die Fettbestimmung; normale Milch enthält mindestens 2,7 % Fett; c) durch Auffindung von Nitraten, die in normaler Milch fehlen und deren Anwesenheit auf einen Zusatz von Brunnenwasser deutet; d) durch den Nachweis konservierender Zusätze.

Zweitens hat die Kontrolle nachzuweisen, daß die Milch unzersetzt und vom völligen Verderben noch hinreichend weit entfernt ist.

Drittens ist auf pathogene Bakterien und auf Gifte zu untersuchen.

a) Die Bestimmung des spezifischen Gewichts: Eiweiß, Zucker, Salze machen die Milch schwerer, das Fett dagegen leichter; das Gesamtresultat ist, daß sie immer schwerer ist als Wasser, aber um so weniger, je mehr Fett oder je mehr Wasser vorhanden ist. Hohes spezifisches Gewicht kann durch Reichtum an festen Bestandteilen und Wasserarmut, ebensowohl aber auch durch Fettmangel bedingt sein; niedriges spezifisches Gewicht durch abnorme Verdünnung mit Wasser oder durch Fettreichtum. Abrahmen und nachfolgender Wasserzusatz

läßt daher das ursprüngliche spezifische Gewicht der Milch eventuell wieder hervortreten. Weiß der Fälscher, daß das spezifische Gewicht kontrolliert wird, so kann er in der Weise verfahren, daß er durch Abrahmen und Wasserzusatz eine stark gefälschte Milch von normalem spezifischen Gewicht liefert. Indes gehört zu dieser Manipulation Zeit und Sorgfalt, und für gewöhnlich weicht jede gefälschte Milch, entrahmte oder gewässerte, von dem durchschnittlichen spezifischen Gewicht ab. In vielen Fällen wird man daher durch die Bestimmung des spezifischen Gewichts allein die Fälschung entdecken, wenn es auch immerhin sicherer ist, daneben die Fettbestimmung auszuführen.

Zur Bestimmung des spezifischen Gewichts benutzt man Aräometer (sogenannte Milchwagen, Laktodensimeter). An dem gebräuchlichsten Instrument von Quevenne-Müller finden sich an der Spindel zur Bezeichnung des spezifischen Gewichts nur zweistellige Zahlen, vor welchen die Zahlen 1,0 fortgelassen sind, also statt 1,029 nur die Zahl 29. Beim Ablesen ist das Auge in gleiches Niveau mit dem Skalenteil zu stellen; ferner ist vor der Prüfung die Milch gut durchzumischen und mit Hilfe von Tabellen eine Temperatur-Korrektion anzubringen, bzw. die Milch auf 15° zu erwärmen oder abzukühlen. — Die Grade des Müllerschen Laktodensimeters sind sehr eng und die Ablesung deshalb ungenau. Sollen die Grade größer ausfallen, so muß die Spindel dünner und leichter werden. Nach diesem Prinzip ist das Instrument von Soxhlet konstruiert; ferner gibt das Recknagelsche Aräometer aus Hartgummi gute Resultate.

b) Die Fettbestimmung.

Sie gelingt annähernd mittels optischer Methoden. Je fettreicher die Milch, um so undurchsichtiger wird sie. Darauf sind eine Reihe von Instrumenten gegründet, von denen das brauchbarste das Feser'sche Laktoskop ist. In dasselbe werden 4 ccm Milch eingeblasen und dann wird allmählich Brunnenwasser zugefügt, bis schwarze Linien auf einem am Boden des Gefäßes befindlichen Milchglaszapfen eben sichtbar werden. An einer Skalenteilung liest man direkt die Fettprozente ab. — Alle optischen Methoden sind dadurch unzuverlässig, daß viel auf die Beleuchtung und das Auge des Beschauers ankommt, namentlich aber dadurch, daß die Durchsichtigkeit nicht sowohl von der Fettmenge, als vielmehr von der Zahl und Größe der Milchkügelchen abhängt, und daß auch noch das Kaseïn für die Durchsichtigkeit in Betracht kommt.

Hinreichend sicher gelingt die Fettbestimmung für praktische Zwecke mittels des Geberschen Butyrometers. In besonders konstruierten, an einer Stelle zu einer graduierten Röhre verjüngten Glasgefäßen wird die Milch (11 ccm) mit konzentrierter Schwefelsäure (10 ccm) und Amylalkohol (1 ccm) versetzt; es entsteht eine Lösung aller Stoffe, aus welcher sich durch Zentrifugieren auf einer kleinen Handzentrifuge (Laktokrit) die Fettlösung so abscheidet, daß ihr Volum an der Teilung des graduierten Rohrs direkt in Fettprozenten abgelesen werden kann.

Eine genaue Bestimmung des Fettes ist möglich:

1. mittels der Methode von Gottlieb-Roese: Zu 10 ccm Milch gibt man nacheinander in einem graduierten Zylinder von 100 ccm Inhalt 2 ccm 10%iges Ammoniak, 10 ccm abs. Alkohol, 25 ccm Äther und 25 ccm Petroläther (50° Siedepunkt), schüttelt nach jedem Zusatz, läßt 1—2 Stunden stehen, liest das Volum der Äther-Petrolätherschicht ab und gießt davon möglichst viel in ein gewogenes Kölbchen. Nach dem Verdunsten trocknen, wägen.

2. Mit Hilfe des Soxhletschen Verfahrens, bei welchem man das spezifische Gewicht des Ätherextraktes der Milch zu bestimmen sucht. 200 ccm Milch werden mit 10 ccm Kalilauge und 60 ccm Äther kräftig geschüttelt. Nach einer Viertelstunde wird die oben angesammelte Ätherfettlösung in ein Glasrohr gebracht, das außen von einem Kühlrohr umgeben ist und mit Hilfe dessen stets die genau gleiche Temperatur von 17½° hergestellt wird. In der Ätherfettlösung läßt man dann ein Aräometer schwimmen und bestimmt deren spezifisches Gewicht. Mittels einer Tabelle findet man aus dieser Ablesung den Fettgehalt.

c) Nachweis von Nitraten bei Zusatz von Brunnenwasser.

5 ccm der Milch werden mit 15—20 ccm einer Lösung von Diphenylamin in konzentrierter Schwefelsäure übergossen, kräftig geschüttelt und die Färbung beobachtet (Tillmanns). — Bei deutlicher Reaktion ist es ausgeschlossen, daß die Blaufärbung etwa durch in die Milch gelangten Stallschmutz oder durch das Spülwasser der Gefäße bewirkt ist.

d) Konservierungsmittel.

Die alkalisch reagierenden (Soda, Natr. bic., Borax) erkennt man am einfachsten daran, daß sie die Milch nach 1—2stündigem Kochen dunkelgelb bis braun färben. — Ferner deutet Rosafärbung nach Zusatz von Alkohol und einigen Tropfen Rosolsäure auf alkalische Beimengungen. — Salizylsäure ist durch die Violettfärbung, die einige Tropfen Eisenchlorid in der Milch hervorrufen, Wasserstoffsuperoxyd durch die Bläuung von Jodkaliumstärkepapier oder durch Zusatz von Titansäure (Gelbfärbung) zu erkennen. — Um gekochte Milch nachzuweisen, übersättigt man die Milch mit Kochsalz, erwärmt auf 30 bis 40°, filtriert und prüft im Filtrat, ob noch durch Kochen gerinnendes Albumin vorliegt. — Oder man prüft, ob Katalasen, Peroxydasen und Reduktasen noch vorhanden sind; auf erstere durch Versetzen von 15 ccm Milch mit 5 ccm 1%iger H_2O_2-Lösung in Gärröhrchen; auf Peroxydasen: Zusatz von H_2O_2 und Guajaktinktur (Schichtprobe; Bläuung, wenn die Peroxydasen erhalten sind) oder Paraphenylendiamin (Storchsches Reagens), ebenfalls Bläuung; auf Reduktasen: 10 ccm Milch + 1 ccm Methylenblau-Formalinmischung, bei 45° nach 10 Min. Entfärbung (Schardingers Reagens).

Um die Zersetzung der Milch zu erkennen, kann man 1. gleiche Volumina Milch und 70%igen Alkohol mischen; zersetzte Milch gerinnt meistens. — 2. Zur genaueren Feststellung des Grades der Zersetzung ist die von Soxhlet angegebene Titrierung des Säuregrades zu verwenden. 50 ccm Milch werden mit Phenolphtalein versetzt, und

dann mit ¼ Normalnatronlauge titriert bis zur Rotfärbung. Für Verkaufsmilch, welche keine zu lange „Inkubationszeit“ hinter sich hat bzw. nicht zu warm aufbewahrt war, findet man etwa 3,5 ccm Verbrauch von Natronlauge. Die Anzahl Kubikzentimeter ¼ Normalnatronlauge, welche zur Neutralisation von 100 ccm Milch erforderlich sind, bezeichnet man als „Säuregrade“; zulässig sind also noch 7 Säuregrade. — 3. Nicht selten tritt bei einer bakterienreichen Milch die saure Reaktion zurück, zumal wenn die Milch, wie es im Hochsommer häufig geschieht, aufgekocht und dann bei hoher Temperatur aufbewahrt war. Die unter diesen Umständen entwickelten Bazillen (darunter die Heubazillen) produzieren wenig Säure, statt dessen aber Labferment, das die Milch beim Erwärmen zum Gerinnen bringt. Alsdann ist die Bakterienzahl das beste Kriterium, die durch Agarplatten mit $^1/_{100}$ und $^1/_{10}$ Tropfen Milch und Zählung der Kolonien nach 24 Stunden bei 35 ° gelingt. Ganz besonders reinlich behandelte frische Milch enthält im Mittel höchstens 2000—3000 Keime in 1 ccm. Ein Gehalt von mehr als 100 000 Keimen in 1 ccm deutet auf längere unzweckmäßige Aufbewahrung der Milch oder starke Bakterieneinsaat durch Schmutzteilchen.

Eine Prüfung auf pathogene Arten von Bakterien durch Kultur wird in den meisten Fällen vergeblich sein. Tuberkelbazillen sind nur durch Überimpfung des Gemenges aus Rahm und Bodensatz der Milch auf Meerschweinchen nachzuweisen. — Trommsdorf hat zur Prüfung auf Mastitis eine „Milchleukozytenprobe“ angegeben, bei der 5 ccm Milch in kleinen Röhrchen mit kapillarem Ende und feiner Teilung einige Minuten scharf zentrifugiert werden; von 2 ‰ an soll Mastitis anzunehmen sein. — Über Differenzierung der Streptokokken s. Kap. X. — Für die Auffindung von Futtergiften bestehen gleichfalls keine praktisch verwendbaren einfachen Methoden.

Zu einer Kontrolle auf dem Markte und in den Verkaufsläden wird nur die Aräometerprobe und höchstens noch das Fesersche Laktoskop benutzt. Ist das spezifische Gewicht abnorm, so wird der weitere Verkauf der Milch einstweilen inhibiert und eine Probe im Laboratorium mittels des Gerberschen Butyrometers oder der Soxhletschen Methode auf den Fettgehalt geprüft. Wird hierdurch eine zu niedrige Fettmenge oder im Verein mit der Aräometerprobe ein zu hoher Wassergehalt erwiesen, so ist die betreffende Milch unter allen Umständen als minderwertig zu konfiszieren, nebenbei die Herkunft, Anzahl der Kühe usw. sorgfältig zu notieren. Es fragt sich dann aber noch, ob eine Fälschung vorliegt, die nach dem Nahrungsmittelgesetz streng bestraft wird, oder ob etwa die abnorme Beschaffenheit der Milch durch die Art der Fütterung bedingt ist. Zu diesem Zweck wird eine weitere Probe der Milch der genaueren Analyse unterworfen. Ergibt sich daraus mit Sicherheit die Fälschung, so wird die Bestrafung erkannt oder Anklage erhoben. Ist auch nach der genauen Analyse die Einrede möglich, daß mangelhafte Fütterung die Ursache der Abweichung sei, so ist eventuell

die „Stallprobe“ vorzunehmen. Dieselbe soll mindestens innerhalb dreier Tage nach der Konfiskation, ohne daß inzwischen die Fütterung der Tiere geändert ist, ausgeführt werden, und zwar in der Weise, daß alle beteiligten Kühe gut ausgemolken, die Milch gemischt und dann untersucht wird. Dieselbe darf höchstens um 2 Grad im spezifischen Gewicht, um 0,3 % Fett von der beanstandeten Milch abweichen, widrigenfalls die Fälschung als erwiesen anzunehmen ist.

Bis jetzt berücksichtigt die marktpolizeiliche Kontrolle der Milch lediglich die etwaige Fälschung. Vom hygienischen Standpunkt aus ist diese aber nicht als so bedeutungsvoll anzusehen, wie eine zu fortgeschrittene Zersetzung der Milch. Diese läßt sich mit den uns zu Gebote stehenden Mitteln sehr wohl kontrollieren und sollte öfter bestraft werden. — Bezüglich der Gefahr einer Infektion oder Intoxikation vermag die Kontrolle wenig zu leisten, und wir sind daher in dieser Beziehung auf andere prophylaktische Maßregeln angewiesen.

2. Die Überwachung der Milchwirtschaften.

Eine Verschleppung von Perlsucht, Maul- und Klauenseuche kann dadurch teilweise gehindert werden, daß die Tiere der Milchwirtschaften in regelmäßigen Zwischenräumen von einem Tierarzt untersucht und bei entsprechendem Befunde ausrangiert werden.

Um die Übertragung von Typhus und anderen menschlichen Infektionskrankheiten zu verhüten, sind Krankheitsfälle dieser Kategorie in Milchwirtschaften mit besonderer Vorsicht zu behandeln, auf Bazillenträger ist zu fahnden, die Brunnenanlage zu revidieren und eventuell der Milchverkauf zeitweise zu verbieten.

Die Einsaat abnormer Saprophyten ist durch peinliche Reinlichkeit aller Räume und Gegenstände, die mit der Milch in Berührung kommen, zu vermeiden.

Der Stall, die Euter der Kühe sind möglichst sauber zu halten; die Gefäße, Milchkühler usw. sollen durch Ausscheuern mit heißer Sodalösung stets völlig frei bleiben von Milchresten, außerdem sind sie von Zeit zu Zeit nach erfolgter Reinigung mit Sodalösung auszukochen oder mit Wasserstoffsuperoxyd (1 : 200) zu desinfizieren. Die Aufbewahrungsräume sollen kühl, luftig, leicht zu reinigen und geschützt gegen Fliegen sein. Jede Unsauberkeit ist zu bestrafen. — Zur Kontrolle kann die Bestimmung des Milchschmutzes mittels Filtrierens durch eine dünne Watteschicht und Vergleich der Färbung des Filters mit einer Skala dienen.

Eine derartige Überwachung der Milchwirtschaften und Verkaufslokale ist vom hygienischen Standpunkt entschieden bedeutungsvoll, aber bei uns noch selten in vollem Umfang durchgeführt. In den Vereinigten Staaten wird in nachahmenswerter Weise zahlreichen Milchwirtschaften, die mit solchen Einrichtungen versehen sind und sich einer fortlaufenden Kontrolle unterwerfen, ein „Zertifikat“ ausgestellt, und solche Milch wird zu höherem Preise gern gekauft.

3. Präparation der Milch vor dem Verkauf.

Teils die finanzielle Schädigung durch das leichte Verderben der Milch, teils die Gefahr der Übertragung pathogener Mikroorganismen hat zu Versuchen geführt, vor dem Verkauf der Milch die hineingelangten Bakterien zu töten und dadurch die Milch haltbarer und frei von pathogenen Keimen zu machen.

Nachdem der Zusatz chemischer Substanzen sich als unzureichend oder bedenklich erwiesen hatte, sind Kälte und Hitze als die am leichtesten anwendbaren desinfizierenden Mittel in Gebrauch gezogen.

Durch Abseihen des Milchschmutzes, sofortiges energisches Abkühlen der frisch gemolkenen Milch, Aufbewahren in kühlen Räumen und Transport in Eispackung läßt sich die Bakterienentwicklung in der Milch und die Zersetzung derselben beträchtlich verzögern; inbesondere wenn gleichzeitig für geringe Bakterieneinsaat gesorgt wird. Diese Mittel sollten daher in jeder Milchwirtschaft so viel als möglich Verwendung finden. — Eine gewisse Vermehrung der Bakterien findet indes auch bei niederer Temperatur noch statt; außerdem bleiben die pathogenen Keime lebensfähig.

Von Casse und Helm wird gleichwohl die Herstellung von Eismilch empfohlen; die Milch soll mittels Kaltluftmaschine gekühlt und für den Transport mit 15—30 % gefrorener Milch versetzt werden. Für die Konservierung leistet dieses Verfahren Gutes; hygienisch einwandfrei ist aber solche Milch erst, wenn vor oder nach dem Abkühlen die pathogenen Keime durch Hitze abgetötet sind.

Vollkommenere Resultate namentlich gegenüber den Krankheitserregern können durch Hitze erzielt werden. Hier kommen vier Methoden in Frage:

a) Das Pasteurisieren, d. h. kurzes Erhitzen auf 65—90° und nachfolgendes rasches Abkühlen, so daß der Rohgeschmack der Milch möglichst erhalten bleibt. Meist werden Apparate benutzt mit sog. gezwungener Führung, in welchen die Milch etwa 2 Minuten auf 85° verbleibt; dabei werden auch Tuberkelbazillen sicher abgetötet und der Geschmack der Milch sehr wenig verändert.

b) Behandlung im Biorisator (Lobeck). Die Milch wird aus einer Zerstäubungsdüse als feiner Milchregen in einen auf 75° erhitzten Kessel eingeblasen. Die meisten Saprophyten und pathogene Keime gehen zugrunde. Peroxydasen bleiben erhalten, ebenso der Rohgeschmack; aber Sporen bleiben am Leben. Für Vorbehandlung der Marktmilch anscheinend gut geeignet.

c) Partielles Sterilisieren durch Erhitzen der in bakteriendicht verschlossenen Flaschen eingefüllten Milch während 30—60 Minuten auf 100—103° in Apparaten mit strömendem Dampf von 100 bis 103°.

Die Wirkung ist die, daß die Infektionserreger und die Saprophyten mit Ausnahme der Sporen der Heubazillen abgetötet werden. Solche Milch ist daher kühl aufzubewahren und hat begrenzte Haltbarkeit; sie darf nicht als „keimfreie Dauermilch“ verkauft werden.

d) Vollständige Sterilisation kann erzielt werden durch etwa 6stündiges Erhitzen auf 100°; dabei wird aber die Milch braun und völlig zersetzt. Geeignet ist nur die Einwirkung gespannten Dampfes von 110—125° 10 bis 30 Minuten auf die in Blechdosen gefüllte Milch. Farbe, Geruch und Geschmack werden dabei wenig verändert.

Bei dieser fabrikmäßig hergestellten Exportmilch läßt sich auch das Ausbuttern des Rahms dadurch verhüten, daß man die Milch vor dem Sterilisieren zwischen eng aneinander gelagerten Platten hindurchpreßt und sie dadurch homogenisiert, d. h. die Fetttröpfchen so zerkleinert, daß sie selbst bei langem Stehen der Milch gleichmäßig suspendiert bleiben (Natura-Milch-Gesellschaft in Waren in Mecklenburg).

e) Kondensierte Milch. Die Milch ist im Vakuum eingetrocknet bis ⅓ ihres Volumens, dann in zugelöteten Büchsen auf über 100° erhitzt. — Oder, wenn das Präparat auch nach dem Öffnen der Büchsen länger haltbar sein soll, wird der erhitzten Milch vor dem Eindicken (hier auf ¼—⅕) so viel Rohrzucker zugesetzt, daß keine Bakterienentwicklung stattfinden kann, für 1 Liter Milch zirka 80 g Zucker.

f) Durch rasches Eintrocknen auf heißen rotierenden Walzen wird ein Milchpulver (Präparate von Just-Hutmaker, Passburg, Trumilk-Ges., Krause u. a.) erzielt, das sich leicht wieder löst und lange haltbar ist. Der Geschmack des Milchfettes ändert sich bei diesen Präparaten in so störender Weise, daß die aus Vollmilch hergestellten bald nicht mehr genießbar sind; nur die aus Magermilch und Buttermilch bereiteten halten sich besser. Auch ihre Löslichkeit ist oft mangelhaft.

4. Präparation der Milch nach dem Kauf.

Der einzelne kann sich gegen die aus dem Gehalt der Milch an Bakterien hervorgehenden Gefahren leicht schützen durch Kochen der Milch. Erhitzt man 5 Minuten lang auf 97—100°, so sind alle Milchsäurebakterien, die von kranken Menschen oder Tieren stammenden Parasiten, sowie die sporenfreien Buttersäure- und Heubazillen vernichtet. Nur die Sporen der letzteren bleiben am Leben, können indes durch Kühlhalten der Milch (unter 20° C) an der Wucherung verhindert werden. Bekanntlich gehört aber eine gewisse Aufmerksamkeit zu einem anhaltenderen Erhitzen der Milch; es tritt dabei leicht Überkochen und Anbrennen ein, und daher ist es Sitte, Milch nur aufzukochen, d. h. dieselbe nur für kürzeste Zeit bis in die Nähe des Siedepunktes, gewöhn-

lich aber auf noch geringere Wärmegrade zu erhitzen. Dabei erfolgt keine sichere Tötung der pathogenen Keime.

Um ohne die Gefahr des Überkochens Milch mehrere Minuten lang zu erhitzen, bedient man sich daher zweckmäßig besonderer „Milchkocher“, die im folgenden Abschnitte näher beschrieben sind.

2. Die Kuhmilch als Säuglingsnahrung.

Die einzige normale Nahrung des Kindes in den ersten Lebensmonaten ist die Frauenmilch (s. Kap. VIII). Diese ist gelblichweiß, von stark süßem Geschmack, zeigt alkalische Reaktion, ein spezifisches Gewicht von 1028—34 und enthält nach Heubner und Rubner folgende Bestandteile:

> 88,6 % Wasser; 11,4 % Trockensubstanz; 0,16—0,25 % Eiweiß-Stickstoff = zirka 1—1,5 % Eiweiß (etwa 12 % des Gesamt-Ns ist auf Extraktivstoffe zu rechnen); 3,0 % Fett, 0,2 % Salze. — 100 g Milch liefern 58 nutzbare Kalorien.

Die Eiweißstoffe bestehen größtenteils aus Albumin, daneben aus kleinen Mengen Kaseïn, Protalbumin und Pepton; durch Magensaft gerinnt das Eiweiß in weichen Flocken; das geronnene Kaseïn reagiert alkalisch, wird leicht gelöst und peptonisiert. — An Aschenbestandteilen enthält die Frauenmilch in 1 Liter:

> 0,7 g Kali, 0,25 Natron, 0,33 Kalk, 0,06 Magnesia, 0,004 Eisen, 0,47 Phosphorsäure, 0,43 Chlor.

Die Zusammensetzung schwankt ähnlich wie die der Kuhmilch je nach dem Alter und der Individualität, nach der Zeitdauer der Laktation, nach der Nahrung und dem Ernährungszustand, namentlich aber je nachdem die Probe zu Anfang des Saugens der noch vollen Brust oder aber gegen Ende der fast entleerten entnommen ist.

Die Ausnutzung der Frauenmilch durch den Säugling ist eine außerordentlich vollkommene; von den gelieferten Kalorien sind 91,6 % verwertbar.

Am ersten Tage nach der Geburt sollen dem Säugling 2—3, an den folgenden Tagen im Mittel 5—7 Mahlzeiten gereicht werden, und zwar stets in gleichen regelmäßigen Abständen mit Pausen von mindestens 2½—3½ Stunden. Jede Mahlzeit dauert etwa 20 Minuten. Der Säugling verzehrt:

pro Mahlzeit:		pro 24 Stunden:
am 1. Tag 10 g	am 6. Tag 50 g	in der 1. Woche 298 g
„ 2. „ 20 „	„ 10. „ 70 „	„ „ 2. „ 363 „
„ 3. „ 30 „	„ 20. „ 100 „	„ „ 10. „ 986 „
„ 4. „ 40 „	„ 40. „ 130 „	„ „ 12. „ 940 „
„ 5. „ 50 „	„ 100. „ 150 „	„ „ 20. „ 950 „

Die Kuhmilch läßt gegenüber der Frauenmilch bedeutende Unterschiede in der Beschaffenheit erkennen. Diese betreffen:

1. Die chemische Zusammensetzung. Es enthält:

Frauenmilch	Kuhmilch
Weniger Eiweißstoffe.	Mehr Eiweißstoffe.
Mehr Zucker.	Weniger Zucker.
Alkalische Reaktion.	Amphotere Reaktion.
Wenig Kaseïn.	Die Eiweißstoffe bestehen hauptsächlich aus Kaseïn.
Mit Magensaft weiche, flockige Gerinnsel.	Mit Magensaft derbe Gerinnsel.
Das Kaseïngerinnsel reagiert alkalisch.	Das Kaseïngerinnsel reagiert sauer.
Viel weniger Salze, namentlich Phosphorsäure, Kalk und Chlor.	Erheblich mehr Salze.

2. Die Ausnutzung und Verdaulichkeit. Die Ausnutzung ist im ganzen bei der Kuhmilch etwas schlechter als bei der Frauenmilch. Die Menge der Fäzes beträgt 6—7 % der Nahrung; der Kot besteht größtenteils aus fettsaurem Kalk, enthält aber auch deutliche Spuren von Eiweiß. — Ferner ist die Kuhmilch schwerer verdaulich, weil sie gehaltreicher ist und insbesondere viel derbere Kaseïngerinnsel liefert, in welche die Verdauungssäfte langsamer vordringen.

3. Der Bakteriengehalt. Auch die Frauenmilch enthält geringe Mengen Bakterien, die von der äußeren Haut her in die Ausführungsgänge der Drüsen hineingewuchert sind und daher in den erstentleerten Milchportionen am reichlichsten vorkommen; (vorzugsweise Staph. pyog. albus). Im übrigen ist die Frauenmilch frei von schädigenden Keimen. Dagegen können mit der Kuhmilch die zahlreichen S. 208 und 210 aufgezählten saprophytischen und infektiösen Bakterien in den Darm des Kindes gelangen.

Diese Abweichungen der Kuhmilch lassen sich ausgleichen:

a) Durch eine Präparation der Milch, die darauf hinausgeht, die Kuhmilch in ihrer chemischen Zusammensetzung der Muttermilch ähnlicher zu machen. Durch Wasserzusatz werden die Eiweißstoffe und Salze, die in der Kuhmilch in zu großer Menge vorhanden sind, verdünnt; durch Zuckerzusatz wird das Minus der Kuhmilch in dieser Beziehung ausgeglichen. An den ersten Lebenstagen ist 1 Teil Milch mit 3 Teilen Wasser zu verdünnen, vom 3. bis 30. Tage 1 Teil Milch mit 2 Teilen Wasser, vom 30. bis 60. Tage 1 Teil Milch mit 1 Teil Wasser, allmählich abnehmend, bis etwa vom 8. Monat ab reine Kuhmilch gereicht wird. Ferner sind pro 1 Liter fertiges Gemisch 26 g Milchzucker zuzufügen.

Die so präparierte Milch hat indes einen abnorm geringen Fettgehalt, 1,5 % statt 3 %. Um auch dies auszugleichen, läßt man die Milch vor dem Verdünnen mit Wasser zirka 1 Stunde in flachen Gefäßen stehen und schöpft nur die oben angesammelte Sahne in das Milchgefäß. Das Gemisch von dieser mit dem gleichen Volum Wasser enthält dann etwa 2,6 % Fett. — Noch vollkommener ist der Ausgleich in der Gärtnerschen Fettmilch, die aber nur partiell sterilisiert in Flaschen und relativ teuer zu beziehen ist.

b) Durch Tötung der in der Kuhmilch enthaltenen Bakterien.

Manche Kinderärzte legen besonderen Wert darauf, daß die Kuhmilch roh genossen wird; sie soll dann leichter verdaulich und bekömmlicher sein, Fermente und Vitamine enthalten, bakterizide Fähigkeit („Milchkraft") zeigen und Antikörper einführen, während durch Erhitzen alle diese Eigenschaften schwinden.

Weder durch Tierexperimente noch durch Versuche an schwächlichen Kindern (Czerny) hat sich bis jetzt eine Überlegenheit der rohen Milch über die gekochte einwandfrei erweisen lassen. Nur bei ausgebrochener Barlowscher Krankheit (Skorbut-ähnlichen Erscheinungen) ist rohe Milch als Heilmittel bewährt, ohne daß die Ursache dieser Wirkung aufgeklärt wäre. Im übrigen hat tausendfältige Erfahrung gezeigt, daß die Säuglinge bei sorgfältig durchgeführter Ernährung mit gekochter Kuhmilch gut gedeihen; das Schreckgespenst der Barlowschen Krankheit gegen das Kochen ins Feld zu führen ist um so weniger statthaft, als diese Erkrankung in Deutschland ungemein selten vorkommt und auch bei Kindern, die gar nicht ausschließlich mit stark gekochter Milch genährt sind.

Auf der anderen Seite sind die von den toxinliefernden und pathogenen Bakterien der Milch ausgehenden Gefahren so erheblich, daß deren Abtötung unbedingt erforderlich ist. Durch chemische Mittel, auch durch Formalin oder H_2O_2, gelingt dies nicht ohne neue Gefährdung der Säuglinge (s. S. 209); Fernhalten der Bakterien durch aseptische Milchgewinnung ist einstweilen viel zu teuer; daher bleibt nur das Erhitzen der Milch als unschuldigstes, aber wirksames Mittel zur Vorbehandlung der Säuglingsmilch übrig.

Soll die Milch im Hause gekocht werden, so genügt es, sie in geeigneten Milchkochapparaten 5 Minuten auf 97—100° durchzuhitzen, um die vorhandenen Krankheitskeime und fast alle Gärungserreger zu vernichten.

Hierbei kommen folgende Gesichtspunkte in Betracht:

Höhere Temperaturen durch Erhitzen unter Druck gewonnen, sind völlig überflüssig, ebenso ist es unnötig, die Temperatur von 97—100° länger als 5 Minuten einwirken zu lassen; denn eine sichere Abtötung auch der widerstands-

fähigeren Milchbakterien gelingt doch erst bei 6stündiger Erhitzung. Auch ist es gar nicht erforderlich, dem Säugling eine völlig keimfreie Milch zu liefern. Bakterien gelangen in den Darm des Säuglings unter allen Umständen durch seine Finger und verschiedenste Berührungen. Es kommt nur darauf an, die Milch 1. von parasitären Bakterien zu befreien und 2. eine Wucherung von Saprophyten in der Milch zu verhüten.

Ferner ist es zu beachten, daß die gekochte Milch meistens längere Zeit — bis zu 24 Stunden — aufbewahrt werden soll.

Dies ist ohne Zersetzung der Milch nur dann möglich, wenn die Milch nach dem Kochen rasch abgekühlt und bei niederer Temperatur (unter 20° Celsius) aufbewahrt wird. Diejenigen Gärungserreger, welche durch das voraufgehende Erhitzen nicht getötet werden — und solche sind immer vorhanden —, vermehren sich bei niederer Temperatur äußerst langsam, dagegen rasch bei einer Wärme von mehr als 20°. Am bedenklichsten ist in dieser Beziehung ein langsames Abkühlen größerer Portionen gekochter Milch. Diese halten sich viele Stunden auf Temperaturen zwischen 25 und 45°, d. h. auf Wärmegraden, bei denen rascheste Wucherung der restierenden Bakterien erfolgt. — Sehr empfehlenswert ist in Orten, die im Sommer über kühles Grund- oder Quellwasser verfügen, die Verwendung von Kühlkisten. In der Mitte einer mit schlecht Wärme leitendem Material gefüllten Kiste (vgl. die „Kochkiste“, S. 178) steht ein größeres Blechgefäß mit Wasser, das 2—3mal täglich erneuert wird. Bewahrt man die Milch nach dem Abkühlen in diesem Wasser auf, so erhebt sich deren Temperatur nie über 18—20° (Speck).

Außerdem aber muß die aufbewahrte Milch vor dem Hineingelangen neuer Krankheitskeime und solcher Gärungserreger geschützt werden, welche auch bei niederer Temperatur rasch wuchern und die Milch verderben. Dazu ist vor allem nötig, daß man die Milch während der ganzen Zeit in den Kochgefäßen beläßt, und aus diesen eventuell nur die jeweils gebrauchten Portionen in Saugflaschen, Tassen usw. abgießt. Wollte man die Milch in Gefäße, welche in üblicher Weise gereinigt sind, umgießen und in diesen aufbewahren, so würde sie rasch verderben, weil solche Gefäße stets zahlreiche, sich schnell vermehrende Gärungserreger enthalten.

Auch der Luft soll die Milch während ihrer Aufbewahrung keine zu große Berührungsfläche darbieten; es fallen sonst Staub und Schmutz und mit diesen reichliche Bakterien hinein. Eine kleine Berührungsfläche mit der Luft schadet dagegen nichts; die Luft führt gewöhnlich nur spärliche Bakterien, und diese sind in der Form des trockenen Staubes so lebensschwach, daß sie, in die Milch gelangt, erhebliche Zeit gebrauchen, ehe sie anfangen, sich zu vermehren.

Für das Kochen kleinerer Portionen Milch, die nicht aufbewahrt, sondern kurz nach dem Kochen verbraucht werden sollen, benutzt man am besten einfache kleine Wasserbäder.

Für das Kochen größerer Portionen Milch, insbesondere der ganzen Tagesration des Säuglings sind zu benutzen:

Soxhlets Milchkocher. Die mit Wasser und Zucker gemischte Milch wird je nach dem Bedarf des Säuglings in 5—7 kleine Saugflaschen gefüllt. Als

Verschluß dienen kleine Gummischeiben, welche lose auf die Flaschen aufgelegt werden, nur seitlich durch eine Metallhülse fixiert, und während des Kochens Luft und Wasserdampf entweichen lassen, aber beim Erkalten durch den

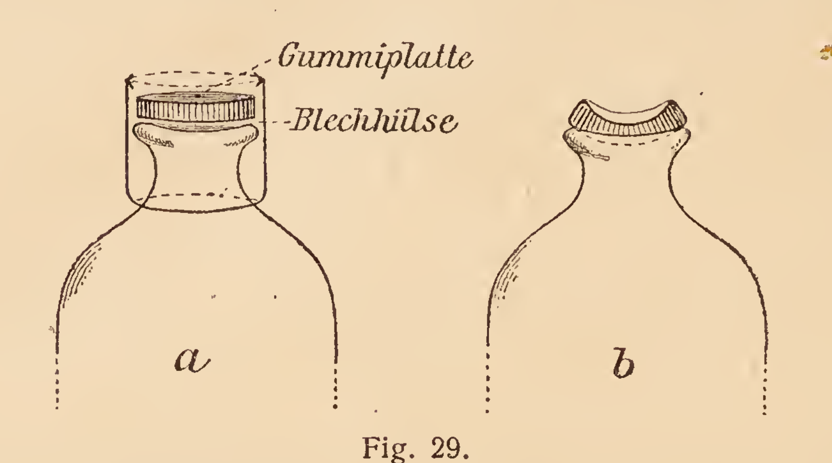


Fig. 29.
Soxhlets Gummischeiben-Verschluß; *a*) vor dem Kochen, *b*) nach dem Kochen und Abkühlen.

Luftdruck derartig angepreßt werden, daß sie einen festen Verschluß bilden (vgl. S. 177 „Weck"verfahren). — Auch lose aufsitzende Glas- oder Aluminiumhütchen liefern, trotz der freien Kommunikation mit der Außenluft, einen bakteriendichten Verschluß, weil den in der Luft schwebenden Bakterien eine gewisse Schwere zukommt, so daß sie nicht vertikal aufwärts geführt werden können. Oder man verwendet paraffinierte Pappscheiben, die in eine ringförmige Erweiterung des Flaschenhalses eingedrückt werden, nur durch Zerstörung zu entfernen sind und dadurch Schutz bieten gegen unbefugtes Öffnen.

Die Flaschen werden in einen Blechtopf mit konischem, oben durchbohrtem Deckel eingestellt, der ½ Liter Wasser enthält. Von der Zeit an, wo der Dampf in kräftigem Strahl ausströmt, beläßt man das Wasser noch 5 Minuten im Sieden. Darauf muß die gekochte Milch rasch abgekühlt werden, zunächst ½ Stunde durch Stehen an der Luft, dann 1 Stunde in kaltem Wasser.

Oder: Milchkocher in Kannenform. Eine Kanne mit 1—2 Liter Milch wird in dem beim vorigen Apparat verwendeten Kochtopf in Dampf 10 Minuten erhitzt, in kaltem Wasser gekühlt, und bleibt dann in dem entleerten Kochtopf an kühlem Orte stehen; unmittelbar vor dem Gebrauch wird die jedesmal nötige Portion Milch ausgeschenkt.

Oder: Irdene Töpfe mit durchlochtem Deckel für halbe Tagesportionen (12 Stunden). Die Deckel haben in der Mitte ein kurzes offenes Rohr in der Peripherie einige Löcher. Kocht man die Milch, so wallt sie durch die mittlere Öffnung in die Höhe und fließt durch die anderen Löcher des Deckels wieder in den Topf zurück; Überkochen findet auch auf lebhaftem Herdfeuer nie statt.

In manchen Fällen ist die Abgabe bereits gekochter Kindermilch in Milchküchen angezeigt, namentlich für bereits erkrankte Kinder, und zwar Milchmischungen oder Surrogate (Malzsuppe), die dem Alter bzw. dem Zustand des Säuglings angepaßt und dann in kleinen Saugflaschen partiell sterilisiert sind, damit

jedes Manipulieren im Hause vermieden wird. Das an einem Tage hergestellte Milchquantum muß kühl gehalten und binnen 24 Stunden verbraucht werden. — Die Milchküchen sind nur an Säuglingsfürsorgestellen oder Säuglingsheime anzugliedern, damit nicht ein unberechtigtes Zurückdrängen der Brustnahrung die Folge ist (s. Kap. VIII).

Zahlreiche Versuche sind ferner angestellt, um die Kuhmilch der Frauenmilch ähnlicher zu machen.

Entweder hat man eine leichtere Verdaulichkeit und eine Gerinnung des Kaseïns in weicheren Flocken herbeizuführen gesucht durch Zusätze von Hafer- oder Gerstenschleim zur Milch, oder das Kaseïn ist durch Behandlung mit Verdauungsfermenten teilweise in Albumosen übergeführt (Präparate von Voltmer in Altona, von Loeflund, Backhaus u. a). — Auch Buttermilch (s. S. 227), frisch oder in Konservenform (Laktoserve, holländische Säuglingsnahrung usw., auch als Trockenpulver) ist vielfach empfohlen.

In einer anderen Gruppe von Präparaten hat man das am meisten gefürchtete Kaseïn ganz oder fast ganz fortgelassen, oder auch andere Eiweißkörper in die kaseïnfreie Milch einzuführen versucht (Biederts Rahmgemenge: Emulsion aus Eiereiweiß, Butterfett, Milchzucker und Milchsalzen). — Finkelsteins Eiweißmilch enthält vor allem wenig (1 %) Milchzucker, dessen Säurebildung in erster Linie die Enteritis veranlassen soll, während das Kaseïn mit seinen mehr alkalischen Produkten dafür nicht in Betracht kommt. Milch wird daher mit Lab zum Gerinnen gebracht, die Molke filtriert und entfernt, das Gerinnsel in mit Wasser aa verdünnter Buttermilch verteilt. — Sehr verbreitet waren namentlich früher die sog. Kindermehle, die teils mit Wasser bereitet als zeitweises Surrogat der Kuhmilch dienen, teils der Milch zugesetzt werden sollten. — Sie kommen nur vorübergehend für den relativ kleinen Bruchteil von Kindern in Frage, welche die übliche Kuhmilchmischung nicht vertragen, oder welche namentlich im Hochsommer an Verdauungsstörungen leiden.

3. Molkereiprodukte.

Butter wird aus Rahm (selten aus Milch) durch Schlagen hergestellt.

Zur Gewinnung des Rahms benutzt man jetzt in allen größeren Betrieben Zentrifugen, die den besonderen Vorteil bieten, daß man infolge des schnellen Betriebes auch frische und gut benutzbare abgerahmte Milch bekommt. Diese ist jetzt so haltbar wie Vollmilch, zumal wenn sie pasteurisiert wird, besitzt hohen Nährwert und deckt außerordentlich billig den Eiweißbedarf des Menschen. Die Magermilch sollte von der Bevölkerung höher als bisher eingeschätzt werden.

Die Butter muß durch Kneten vom Wasser und den anderen Bestandteilen der Milch, Kaseïn, Milchzucker, Salzen, möglichst befreit werden; die andernfalls zurückbleibenden Beimengungen machen die Butter minderwertig und beschleunigen die Zersetzung.

Die mittlere Zusammensetzung der Butter s. in der Tabelle S. 195. Der Schmelzpunkt der Butter liegt gewöhnlich zwischen 31 und 37 °, der Erstarrungspunkt zwischen 19 und 24 °.

Marktfähige Butter soll mindestens 84 % Fett und höchstens 2 % Kochsalz enthalten. Oft findet man Butter mit 30—35 % Wasser und erhält dann in 1 Pfund Butter nur 315 g Fett statt 425 g. — Um das leichte Verderben solcher wasserreicher Butter zu verhindern, wird Kochsalz zugesetzt, 30 g pro 1 kg und mehr. Dadurch wird der Profit der Händler noch größer. Die süddeutsche Sitte, die Butter ungesalzen in den Handel zu bringen, ist empfehlenswerter, weil solche Butter sehr sorgfältig behandelt werden muß, wenn sie nicht schnellem Verderben ausgesetzt sein soll.

Die Butter enthält meistens sehr zahlreiche lebende Bakterien, oft 1—10 Millionen in 1 g; und zwar nicht nur die aus längere Zeit gestandenem Rahm bereitete Butter, sondern auch Butter aus Zentrifugensahne, weil beim Zentrifugieren die Rahmteilchen Bakterien mechanisch mitreißen. Enthält die Milch Tuberkelbazillen, so gehen diese nachweislich beim Zentrifugieren in Sahne, Magermilch, Buttermilch und Zentrifugenschlamm über. Infolgedessen finden wir Tuberkelbazillen — und unter Umständen andere infektiöse Milchbakterien — reichlich in der Butter vertreten. Sehr häufig begegnet man ferner in der Butter den S. 207 erwähnten „säurefesten“ Bazillen, die von der Ackererde auf Futtergräser, mit diesen in die Kuhexkremente und mit letzteren in die Milch gelangen. — Pasteurisieren des zur Butterbereitung verwendeten Rahms kann gegen die bakterielle Gefahr des Buttergenusses Schutz gewähren.

Eine erhebliche Geschmacksverschlechterung und vermutlich auch eine für die Verdauungsorgane nicht belanglose Änderung erleidet die Butter beim Aufbewahren durch das Ranzigwerden, das auf einer durch kombinierte Wirkung von Bakterien und Fadenpilzen (Penicillium, Oidium) erfolgenden hydrolytischen Spaltung des Butterfetts unter Freiwerden von Fettsäuren und Buttersäureestern beruht; oder durch Talgigwerden, das durch Belichtung und durch Luftzutritt zustande kommt und namentlich auf Übertragung des Luftsauerstoffs durch das Licht auf die im Butterfett enthaltenen Fettsäuren (besonders Ölsäure) zurückzuführen ist. Abschluß der Butter gegen Luft und Licht ist die zweckmäßigste Schutzmaßregel gegen die letztgenannte Veränderung.

Von Fälschungen der Butter kommt in Frage ein zu großer Wasser- und Kochsalzgehalt (s. oben); ferner Beimengungen von Farbstoff, Mehl, Schwerspat usw., namentlich aber von fremden Fetten, da Rindstalg, Schweineschmalz, namentlich die importierten pflanzlichen Fette, Palmöl, Kokosbutter usw. erheblich billiger sind als Butter.

Untersuchung der Butter. Zur Wasserbestimmung werden 5 g Butter in flacher Nickelschale 30—40 Minuten im Vakuumtrockenapparat ge-

trocknet und gewogen. — Der Kochsalzgehalt wird durch die Bestimmung des Chlors im wässerigen Extrakt der Asche ermittelt. — Zur Feststellung des Gehalts an freien Fettsäuren werden 5 g Butter in Äther gelöst und mit alkoholischer 1/10 Normal-Kalilauge nach Zusatz von Phenolphtalein titriert. Als Säuregrade bezeichnet man die zur Sättigung von 100 g Fett verbrauchten Kubikzentimeter Normal-Kalilauge. Gute Tafelbutter hat meist weniger als 5 Säuregrade; doch kommen höhere Säuregrade ohne ausgesprochene Ranzigkeit vor und umgekehrt.

Genauere Erkennung der fremden Fette ist möglich:

1. mikroskopisch. Einbettung des Präparats in Glyzerin; in Butter bleiben die Fettkügelchen erhalten. Alle anderen festen Fette müssen ferner behufs Verwendung geschmolzen werden, und dabei entstehen immer kristallinische Gebilde (Fette und Fettsäuren).

2. Untersuchung des Butterfetts (das klare Filtrat der bei 50—60° geschmolzenen Butter, in Deutschland „Butterschmalz" genannt)

a) auf das spezifische Gewicht;

b) auf Schmelz- und Erstarrungspunkt;

c) auf Brechungsvermögen mittels des Refraktometers. Die Methode ist nicht immer zuverlässig; Mischungen von Margarine und Kokosfett können sich wie reine Butter verhalten.

3. Nachweis von Phytosterin in den unverseifbaren Bestandteilen des Fettes; in den pflanzlichen Fetten stets enthalten (in den tierischen Cholesterin), erkennbar durch Kristallform und Schmelzpunkt des Acetats.

4. durch das Mengenverhältnis der niederen und höheren Fettsäuren. Wie aus nachstehender Übersicht:

Stearinsäure $C_{18}H_{36}O_2$) Palmitinsäure $C_{16}H_{32}O_2$ usw.	höhere Fettsäuren, unlöslich in aq., nicht flüchtig, große Moleküle (284, 256)	Im Butterfett 87 %. In anderen tierischen Fetten mindestens 96 %
Buttersäure $C_4H_8O_2$ Valeriansäure $C_5H_{10}O_2$ Kapronsäure $C_6H_{12}O_2$ usw.	niedere Fettsäuren, löslich in aq., flüchtig, kleine Moleküle (88, 102 usw.)	Im Butterfett 13 %. In anderen tierischen Fetten Spuren, höchstens 4 %.

hervorgeht, enthält Butter 87—88 % höhere und 12—13 % niedere Fettsäuren. Andere tierische und pflanzliche Fette dagegen 95—96 % höhere und nur sehr wenig niedere Fettsäuren. Die höheren Fettsäuren sind im Wasser unlöslich, nicht flüchtig und bilden große Moleküle. Eine Lösung von 1 g braucht daher eine relativ geringe Zahl Alkalimoleküle zur Neutralisation. Die niederen Fettsäuren sind löslich in Wasser, flüchtig und haben kleinere Moleküle, so daß für die Neutralisation von 1 g Substanz mehr Alkalimoleküle verbraucht werden. — Zur Untersuchung der Art der Fettsäuren werden die Fette zunächst verseift (3—4 g Fett in Porzellanschale von 10 cm Durchmesser

mit 1—2 g Ätznatron und 50 ccm 70%igen Alkohol versetzt und unter Rühren vorsichtig erhitzt, die entstehende Seifenlösung bis zur Sirupdicke eingedampft); die Seife wird in Wasser gelöst und mit Schwefelsäure zersetzt. Man bekommt so in der wässerigen Lösung die zwei Anteile der Fettsäuren in freiem Zustande: die unlöslichen, die durch Filtration abgetrennt werden, und die löslichen, welche im Filtrat enthalten sind und durch Destillation desselben von der Schwefelsäure abgetrennt werden können. Das Destillat enthält bei Butter große Mengen, bei anderen Fetten nur Spuren von Säuren. Die Menge derselben läßt sich mit Alkalilösung von bekanntem Gehalt quantitativ bestimmen. Zur genaueren Charakterisierung der Fettsäuren und zur Erkennung von Verfälschungen dient:

a) die Köttstorfersche Zahl; gibt an, wie viel Milligramm KOH zur Verseifung von 1 g Fett nötig sind (Verseifen mit bestimmter Menge KOH, dann mit Normal-SO_4H_2 titrieren). Milchfett = 221—230, Oleomargarin 193—198;

b) die Reichert-Meisslsche Zahl; gibt an, wie viel Kubikzentimeter $^1/_{10}$ Normal-NaOH erforderlich sind zur Neutralisation der aus 5 g Butterfett abdestillierten flüchtigen, wasserlöslichen Fettsäuren. Butter = 26—31; Oleomargarin = 0,4—1,0; Talg = 0,2—0,8.

c) die Hehnersche Zahl; gibt die Menge der in 100 Teilen Fett enthaltenen in Wasser unlöslichen, nicht flüchtigen Fettsäuren an;

d) die Polenskesche „neue Butterzahl“ gibt an, wie viel $^1/_{10}$ Normalbarytlauge erforderlich ist zur Neutralisation der nach Reichert-Meissl überdestillierten, aber noch im Kühlrohr befindlichen in Wasser unlöslichen, dagegen in 90 % Alkohol löslichen Fettsäuren. Die Zahl ist namentlich bei Kokosfett sehr hoch.

5. Durch die Hüblsche Jodzahl. Die in pflanzlichen Fetten reichlich enthaltenen ungesättigten Fettsäuren (Ölsäure) lagern (bei Gegenwart von $HgCl_2$ als „Übertrager“) Jod an. Butter 26—38 % des Fettes, Rindstalg 35—40; Erdnußöl 83—105; Leinöl 178.

Durch vorstehende Methoden gelingt der Nachweis von Pflanzenfetten relativ sicher (Methode 3 und 5); tierische Fette sind bei geringerer Beimengung unsicher zu erkennen, zumal bei reiner Butter große Schwankungen vorkommen.

Kunstbutter. Die Einführung guter Surrogate der Butter ist von großer hygienischer Bedeutung, da das Fett relativ teuer ist, Butter weniger produziert wird als dem Bedarf entspricht, und billigere Fette, Talg und Schmalz, nur zu wenigen Speisen zu gebrauchen sind.

Es gelang zuerst Mège-Mouriès ein Surrogat für Butter zu finden. Er verarbeitete Rindstalg so, daß zunächst durch Pepsin in Form von Schaf- oder Schweinemagen die einhüllenden Membranen des Fettes gelöst wurden; die erstarrte Masse (Premier-Jus) wurde dann im Preßbeutel bei 25° unter eine hydraulische Presse gebracht, es blieben 40—50 % Stearin zurück, während 50—60 % flüssiges Oleomargarin durchgingen. Letzteres wurde mit Kuhmilch, Wasser und den löslichen Teilen von Kuheuter im Butterfaß verarbeitet. — Später ist das Verfahren mannigfaltig modifiziert worden; namentlich wird Pflanzenöl (Kokosöl,

Palmkernöl) zugemengt. Das Naturbutteraroma wird durch Zusatz von Kultur von Milchsäurebazillen während des Kirnprozesses (Verbuttern) erreicht; Schäumen und Bräunen beim Braten durch Zusatz von Lecithin in Form von Eigelb. Über die Hydrierung minderwertiger Fette (s. S. 161). — Die Fabrikation ist in Deutschland, Österreich und Nordamerika eine sehr ausgedehnte.

Die Kunstbutter kommt jetzt unter dem Namen Margarine (auch Oelomargarin, Sparbutter) in den Handel. Sie soll nicht zum Rohgenuß dienen, namentlich ist das erschwert, seit gesetzlich verboten ist, die Kunstbutter mit Naturbutter zu vermengen. Dagegen ist sie zweckmäßig für Kochen und Braten, sowie in Bäckereien und Konditoreien zu verwenden und einer schlechten Butter meist vorzuziehen. In bezug auf die Ausnützung und die Bedeutung als Fettnahrung ist die Kunstbutter der Naturbutter ungefähr gleichwertig. Wir haben also vom hygienischen Standpunkt ein entschiedenes Interesse an ihrer Verbreitung als Volksnahrungsmittel.

Allerdings ist eine Überwachung der Produktion nötig, es könnten sonst Fette von Abdeckereien, Fleisch von Notschlachtungen usw. benutzt werden, und es ist das um so unzulässiger, als wegen der Geschmacksänderung bei der Herstellung der Kunstbutter Temperaturen nicht angewendet werden, die zur Tötung von Parasiten ausreichen. Ebenso dürfen nur bekannte und sicher giftfreie pflanzliche Fette herangezogen werden (Vergiftungserscheinungen sind z. B. nach Verwendung von sog. Marattifett, das giftige Chaulmugrasäure enthält, beobachtet). Die Überwachung stößt indes auf geringe Schwierigkeiten, da die Herstellung fast nur in großen Betrieben erfolgt. — Ferner ist die Kunstbutter meist nur bis 2 Wochen haltbar; sie wird dann ranzig, unschmackhaft und kann zu Magendarmstörungen Anlaß geben. Längere Konservierbarkeit (bis 5 Wochen) wird ihr jetzt allgemein durch Zusatz von ClNa und von 0,2 % benzoesaurem Natron verliehen. — In neuerer Zeit kommen reine pflanzliche Fette in den Handel, die hygienisch noch günstiger zu beurteilen sind. So wird aus Kokosnußstücken (Copra) durch hydraulische Pressen ein weißes Öl, Palmin, gewonnen, das mit Speiseöl, Eigelb und Zucker gemischt und verbuttert, als butterähnliches Fett unter dem Namen „Palmona" verkauft wird.

In Deutschland ist durch Gesetz von 15. Juni 1897 bestimmt, daß Verkaufsstellen für Margarinepräparate durch deutliche Plakate als solche kenntlich gemacht werden müssen. Zugleich ist jede Vermischung von Butter und Margarine verboten, und die zu Handelszwecken benutzten Margarinepräparate müssen einen die Erkennbarkeit mittels chemischer Untersuchung erleichternden Zusatz enthalten. — Als solcher ist Sesamöl angeordnet, welches beim Schütteln mit alkoholischer Furfurollösung und Salzsäure Rotfärbung gibt (3 g Butter im Reagenzglas mit 10 ccm konz. HCl geschüttelt; einige Tr. Furfurollösung zufügen). Beim Vorhandensein gewisser Farbstoffe ist vorheriges wiederholtes

Ausschütteln des Fettes mit reiner HCl und Abgießen der letzteren erforderlich (Baudouinsche Reaktion).

Buttermilch bleibt vom Buttern des Rahms zurück, enthält noch ½—1 % Fett, 3 % in Flocken geronnenes Kaseïn, zirka 3 % Milchzucker und etwas Milchsäure. Bei der gewöhnlichen Herstellungsweise gelangen zahlreiche Bakterien in das Präparat. Aus Zentrifugenrahm gewonnene Buttermilch wird als leicht verdauliches Kindernährmittel empfohlen.

Käse bereitet man durch Fällen des Kaseïns mittels Lab (Extrakt aus Kälbermagen), das eine Trennung in gelöstes Molkenprotein und unlösliches Parakaseïn bewirkt.

Etwa 30 Minuten nach dem Labzusatz und Erwärmen auf 35° erfolgt Gerinnung der Milch. Aus 10—12 Liter erhält man 1 kg Käse, letzterer wird durch Pressen und Liegenlassen an der Luft unter häufigem Umwenden getrocknet, sodann läßt man ihn reifen. Man unterscheidet Weichkäse, bei niederer Temperatur koaguliert und wenig gepreßt; ferner überfette Käse aus Rahm, bzw. Rahm mit wenig Milchzusatz (z. B. Fromage de Brie, Gervaiskäse usw.), fette Käse aus ganzer Milch (z. B. Holländer, Schweizer usw.), Magerkäse aus der abgerahmten, meist sauren Milch (Quark, Handkäse).

Beim Reifen tritt Verlust von Wasser ein, sodann eine Umwandlung des Kaseïns in Pepton und Amide und sogar Ammoniak. Es entstehen niedere Fettsäuren, ferner scharfe, bittere oder aromatische Produkte, alles offenbar durch Bakterieneinwirkungen, die im einzelnen noch nicht genau bekannt sind.

Der Käse repräsentiert ein sehr konzentriertes Nahrungsmittel, das namentlich Eiweiß und Fett in großer Menge enthält (Zusammensetzung s. S. 207). Mit Rücksicht auf den Preis können die feineren Sorten nur als Luxusartikel gelten, aber andere sind billige Eiweiß- und Fettlieferanten, und der Magerkäse repräsentiert geradezu das billigste Eiweiß.

Die Ausnutzung des Käses ist eine gute und vollständige, aber für viele Menschen ist er ein schwerverdauliches Nahrungsmittel; leicht verdaulich und als Zusatz von Speisen sehr zu empfehlen ist Magerkäse in fein geriebener Form. — Der Bakteriengehalt des Käses ist immer ein sehr bedeutender. Hauptsächlich sind Saprophyten vertreten, indes ist auch die Möglichkeit gegeben, daß Parasiten vorhanden sind, oder daß gelegentlich solche Saprophyten sich stärker entwickeln, welche toxische Stoffwechselprodukte liefern („Käsevergiftungen").

Molken enthalten Milchzucker, etwas Milchsäure, Salze und Pepton; sie haben eine leicht laxierende Wirkung, können daher wohl den Ernährungszustand indirekt bessern, sind aber nicht selbst ein gutes Nährmittel, ihr geringer Gehalt an Proteïn und Pepton kommt hierfür nicht in Betracht.

Von sonstigen Milchpräparaten sei noch Kumis und Kefyr erwähnt, ersterer in der Kirgisensteppe aus Stutenmilch, letzterer von den mohammedanischen

Bergvölkern des Kaukasus aus Kuhmilch bereitet und auch bei uns jetzt vielfach als Diätetikum gebraucht. — Durch das Kefyrferment, das aus Hefe und verschiedenen Bakterienarten besteht und in der gleichen Kombination sich gut weiter züchten läßt, wird der Milchzucker zum Teil in Glykose umgewandelt. Aus dieser entsteht durch die Hefe Alkohol und Kohlensäure, so daß ein schwach berauschendes und moussierendes Getränk resultiert. Der Alkoholgehalt beträgt zirka 1 %. Ein anderer Teil des Milchzuckers wird durch Streptokokken energisch in Milchsäure verwandelt, und ein langer beweglicher Bazillus, Dispora caucasica, wirkt peptonisierend. Fertiger Kefyr enthält etwa 1½% Milchsäure; das Kaseïn ist in außerordentlich feinen Flöckchen (rahmähnlich) und teilweise peptonisiert, so daß es sehr leicht verdaulich ist. Die Bereitung erfolgt in Flaschen mit trockenen Körnern, die vorher in Wasser und dann in Milch zum Quellen gebracht sind; oder mit frischen Körnern, die eben von fertigem Kefyr abgesiebt sind. Die Flaschen müssen gut verschlossen 1—2 Tage bei etwa 18 ° gehalten und häufig geschüttelt werden. Kefyr scheint bei Verdauungs- und Ernährungsstörungen oft günstig zu wirken. Die Milchsäure wirkt kräftig entwicklungshemmend und die Kefyrbakterien überwuchern alle fremden Keime und insbesondere die Kolibakterien.

Ein Präparat von ähnlicher Wirkung ist der in der Türkei und Bulgarien viel genossene Y o g h u r t , der mit Majaferment (eingedicktem, getrocknetem Yoghurt) oder mit käuflichen getrockneten Reinkulturen des Bac. bulgaricus bereitet wird. Auch ein Milchpudding läßt sich bereiten: Milch wird auf die Hälfte eingedickt, auf 40—50 ° abgekühlt, dann je ¼ Liter mit 1 Kaffeelöffel voll Maja versetzt, mehrere Stunden bei etwa 50 ° gehalten (Kochkiste!). Nach 12 Stunden ist eine puddingartige Masse entstanden, die mit Brot und Zucker bestreut genossen wird. — Auch hier sollen namentlich die Milchsäurebazillen das Bakterienleben im Darm regulieren, das Indol zum Schwinden bringen und dadurch vorzeitige Alterserscheinungen wie Arteriosklerose verhüten (M e t s c h n i k o w). — Buttermilch und saure Milch haben vermutlich ähnliche Wirkung.

L i t e r a t u r (Milch und Molkereiprodukte): S o m m e r f e l d , Handbuch der Milchkunde, Wiesbaden 1909. — F l e i s c h m a n n , Lehrb. der Milchwirtschaft, 5. Aufl. 1915. — C z e r n y und K e l l e r , Des Kindes Ernährung usw. Ein Handbuch für Ärzte. Leipzig, Wien 1901 ff. — H e u b n e r und R u b n e r , Verschiedene Arbeiten über Stoffwechsel und Ernährung des Kindes im Archiv f. Hygiene, Zeitschr. f. Biologie und Jahrbuch f. Kinderheilkunde 1896 ff. — F l ü g g e , Die Aufgaben und Leistungen der Milchsterilisierung, Zeitschr. f. Hygiene, Bd. 17. — Untersuchung von Milch und Milchpräparaten: K ö n i g , Untersuchung von Nahrungs- und Genußmitteln, Berlin 1910. — Vereinbarungen zur einheitlichen Untersuchung und Beurteilung von Nahrungs- und Genußmitteln, Berlin, Springer 1897. — T e i c h e r t , Methoden zur Untersuchung von Milch usw., Stuttgart 1909. — V a s e n , Die Kunstbutter, Centralbl. f. allg. Ges. 1914.

4. Fleisch.

Als Marktware kommt vorzugsweise das Fleisch von landwirtschaftlichen Nutztieren, nebenbei das Fleisch von Wild, Geflügel, Fischen,

Austern usw. in Betracht. Die Hauptmasse des Fleisches bilden die Muskeln; daneben Fett, Bindegewebe, Knochen, Drüsengewebe usw. Außer Fett, leimgebender Substanz und Salzen findet man Eiweißstoffe: Syntonin, Myosin, Muskelalbumin, Serumalbumin; ferner zahlreiche Extraktivstoffe, wie Kreatin, Xanthin, Hypoxanthin, Milchsäure; kleine Mengen Inosit und Glykogen.

Die Zusammensetzung des Fleisches (vgl. Tab. S. 182) schwankt sehr bedeutend je nach der Tierspezies, nach dem Mästungszustande und Alter des Tieres. Auch die verschiedenen Muskeln des gleichen Tieres zeigen Unterschiede, jedoch vorzugsweise nur im Fettgehalt. Viel bedeutender sind die Differenzen zwischen den einzelnen Fleischsorten in bezug auf spezifischen Geschmack, Zartheit der Faser und Derbheit des Sarkolemms sowie des eingelagerten Bindegewebes. Für den Preis einer Fleischsorte sind diese Differenzen viel mehr maßgebend als der Gehalt an Eiweiß und Fett.

Beim Ochsen werden als die zartesten und wohlschmeckendsten Partien geschätzt: Schwanzstück, Lendenbraten, Vorderrippe, Hüftenstück, Hinterschenkelstück; die billigsten sind Kopf, Beine, Hals und Wanne; die übrigen Stücke rangieren dazwischen; besonders billig und doch gut verwendbar ist Kronfleisch (Diaphragma), Herz (zu Ragout und Gulasch), Lunge (Haschee), Kuheuter (Schnitzel). — Als zart, fettarm und leicht verdaulich gilt das Fleisch von jungem Geflügel und Wild; letzteres hat aber starkes Bindegewebe und muß daher längere Zeit abhängen oder in saure Milch eingelegt werden. Kalbfleisch enthält mehr Wasser und Leimsubstanz und weniger Extraktivstoffe als Ochsenfleisch; übrigens ist Geschmack und Nährwert ganz abhängig vom Alter und Mastzustand. Schweinefleisch ist meist fettreich und deshalb schwerer verdaulich; jedoch als Volksnahrungsmittel besonders beliebt und auch in kleinen Haushaltungen lukrativ, weil Schweine beim Schlachten die geringsten Abfälle und leicht herstellbare Konserven liefern, und weil die Mästung mit Küchenabfällen leicht durchzuführen ist. Pferdefleisch hat einen süßlichen Geschmack (starker Glykogengehalt); minderwertig ist es nur, wenn abgetriebene oder verunglückte Tiere zur Schlachtbank kommen. Fische haben teils ein fettarmes, leicht verdauliches, teils ein durch starke Fetteinlagerung ins Sarkolemm schwer verdauliches Fleisch (Aal, Lachs). — Austern, Muscheln usw. haben großen Wassergehalt, nur 5—6 % Eiweiß, und ihr absolutes Gewicht ist so gering, daß sie für die Ernährung kaum ernstlich in Betracht kommen können.

Die Ausnutzung sämtlicher Fleischsorten ist eine vorzügliche. Eiweiß und Leim werden im Mittel zu 98 %, das Fett zu 95 %, die Salze zu 80 % resorbiert. Das Eiweiß hat volle biologische Wertigkeit. Die Extraktivstoffe kommen ferner außer als geschätzte Geschmacksreize für den besonders hohen Sättigungswert des Fleisches in Betracht. In vielen Fällen ist die konzentrierte Form und das geringe Volum der fertigen

Speise willkommen; ebenso die einfache Art und kurze Dauer der Zubereitung und die Herstellungsmöglichkeit beliebter Konserven.

Der Fleischgenuß ist andererseits mit Gefahren für die Gesundheit verbunden. Abgesehen von dem Gehalt an Purinbasen, die zu vermehrter Harnsäurebildung Anlaß geben, aber vorwiegend in den drüsigen Organen (Leber, Thymus) vorkommen, können im Fleisch tierische Parasiten (Trichinen, Finnen) enthalten sein, die sich im Menschen ansiedeln; zweitens können pflanzliche Parasiten der Schlachttiere im Fleisch enthalten sein; drittens kann das Fleisch nach dem Schlachten pathogene und soprophytische Bakterien aufnehmen und in den Menschen einführen; viertens sind einige seltenere und weniger wichtige Anomalien des Fleisches imstande, die Gesundheit zu beeinträchtigen.

1. Tierische Parasiten des Fleisches.

a) Trichinen (Fig. 30—33). Die Trichinen werden vom Menschen fast nur im Schweinefleisch (eventuell noch im Wildschwein-, Hunde- und Bärenfleisch) genossen.

Sie finden sich in den Muskeln des Schweins in Kapseln (s. Fig. 32, 33) eingeschlossen; diese werden im Magen des Menschen gelöst, die 0,7—1,0 mm langen Würmer werden frei und wachsen im Darm, bis das Männchen 2, das Weibchen 3 mm lang ist. Nach 2½ Tagen sind die Darmtrichinen geschlechtsreif, sie begatten sich und 7 Tage nach der Begattung beginnt jedes Weibchen mit der Geburt von 1000—1300 Embryonen. Nach 5 bis 6 Wochen sterben die Darmtrichinen ab, die Embryonen aber gelangen von der Darmwand aus in die Lymphbahnen und schließlich in die Muskelprimitivfasern (Fig. 31). Eine geringe Zahl von Trichinen ruft keine Krankheitssymptome hervor. Die Schwere der Erkrankung (zuerst Enteritis; von der zweiten Woche ab heftige Muskelschmerzen, Atemstörungen, Ödeme, Fieber) richtet sich nach der Zahl der eingewanderten Embryonen.

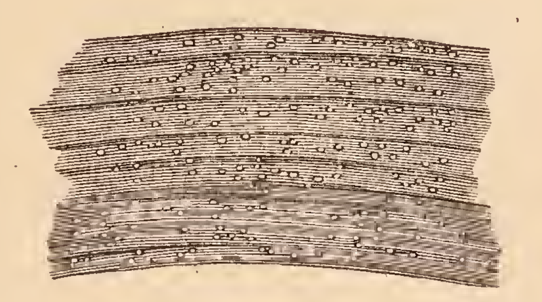


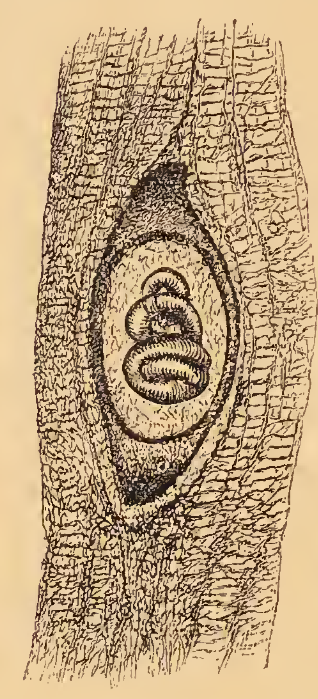
Fig. 30. Eingekapselte und verkalkte Muskeltrichinen, nat. Gr.

Die Trichinen werden beobachtet beim Schwein, bei der Katze, Ratte, Maus, beim Fuchs, Marder usw. Die Schweine akquirieren sie namentlich durch Ratten oder durch Abfälle von trichinösem Schweinefleisch. Künstlich, d. h. durch absichtliche Fütterung von trichinösem Fleisch sind sie auch auf Kaninchen, Meerschweinchen, Hunde usw. zu übertragen. — In gut gekochtem und gebratenem Fleisch sind die Trichinen tot; Räuchern und in dicken Stücken auch Pökeln tötet die Trichinen nicht sicher ab. Verkalkte können noch nach 10 Jahren lebensfähig sein.

Die mikroskopische Untersuchung auf Trichinen erfolgt dadurch, daß ¼ cm breite und lange Streifen mit einer aufs Blatt gebogenen Schere vom roten Teil des Zwerchfelles, von den Interkostalmuskeln, von den Bauch- und Kehlkopfmuskeln abgetrennt werden. Von jedem Stück werden 6 Präparate angefertigt; ¼ qcm große Stücke werden im Kompressorium plattgedrückt, und eventuell mit Wasser



Fig. 31. Wandernde Trichinen. 80:1.





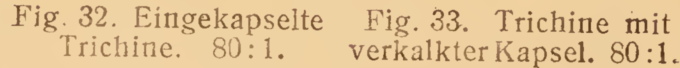


Fig. 32. Eingekapselte Trichine. 80:1.

Fig. 33. Trichine mit verkalkter Kapsel. 80:1.

oder verdünnter Kalilauge oder Glyzerin befeuchtet; zur Besichtigung genügt 50fache Vergrößerung. Neuerdings beschränkt man die Untersuchung meist auf die sehnigen Teile des Zwerchfells und vollzieht die Durchmusterung mit Hilfe des Projektionsapparats, die weniger ermüdend und durch Ersparnis an Personal billiger ist. — Zur Feststellung, ob die unter dem Miskroskop gesehenen eingekapselten Trichinen noch lebend und infektionsfähig sind, müssen Fütterungsversuche angestellt werden.

b) Finnen (Fig. 34, 35). Die Finnen stellen ein Entwicklungsstadium der Bandwürmer dar. In deren Proglottiden entstehen befruchtete beschalte Eier, in denen schon während des Verweilens im Uterus

Fig. 34. Finnen im Fleisch, natürl. Gr.

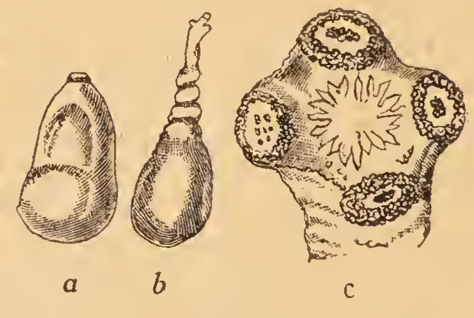


Fig. 35. Schweinefinne. *a* Receptaculum. *b* Dasselbe mit ausgestülptem Kopf. 4:1. c Kopf mit 4 Saugnäpfen u. Hakenkranz. 40:1.

der Embryo sich entwickelt. Der mit 3 Häkchenpaaren versehene Embryo, die Oncosphaera, tritt, von 2 Hüllen umgeben, deren eine oft verkalkt ist, mit dem Kot nach außen. Die Bandwurmglieder und die befruchteten Eier gehen fortgesetzt mit dem Kot ab, gelangen unter die Abfallstoffe, auf den Acker, in Brunnenwasser usw. Von da aus geraten sie in den Magen bestimmter Tiere, dann wird die Hülle der Eier gelöst, die Embryonen bohren sich durch die Darmwand und wandern durch

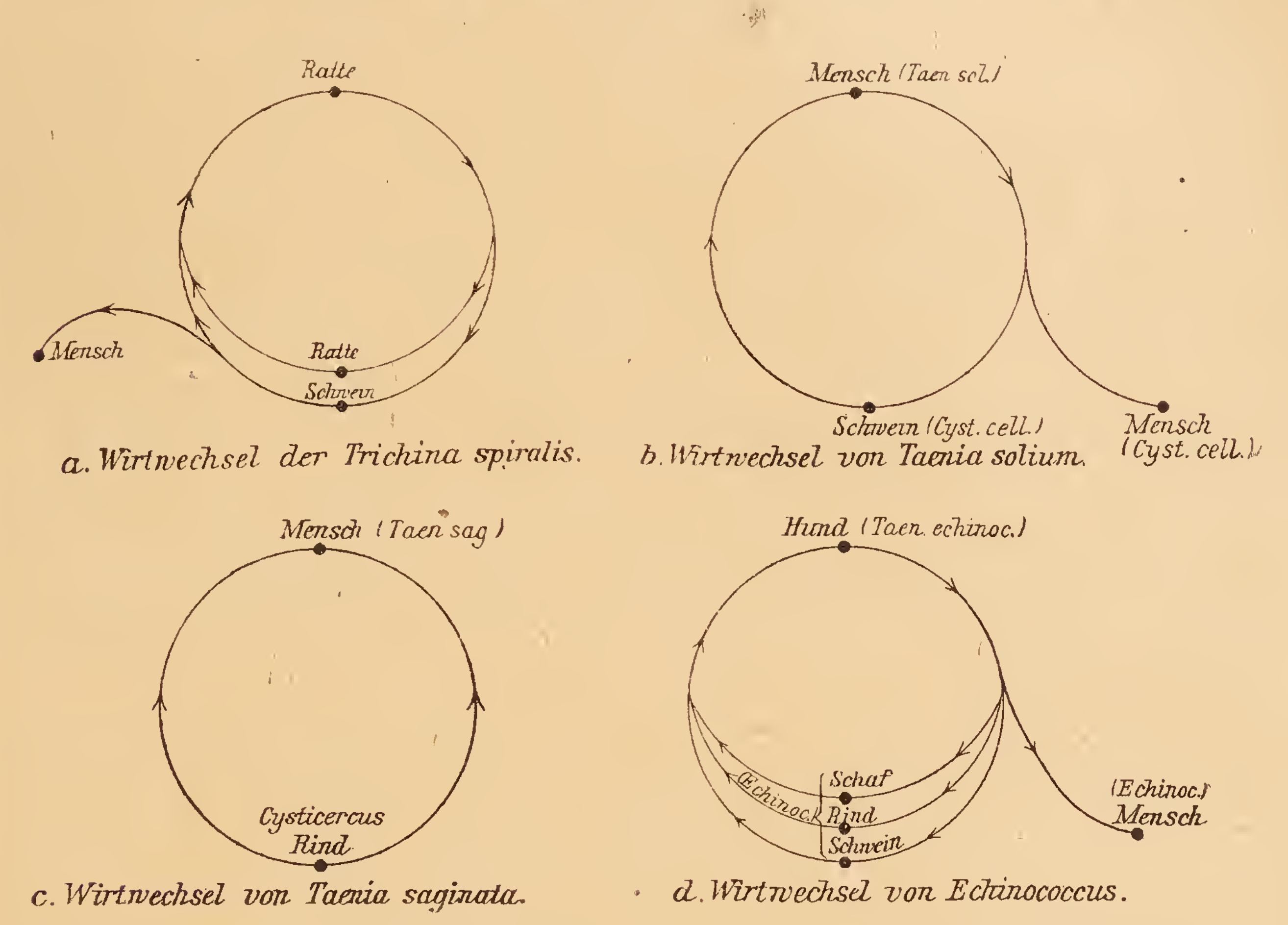


Fig. 36. Schematische Darstellung des Wirtwechsels der Fleischparasiten, nach Bollinger.

Pfortader und Darmvenen nach der Leber oder werden durch Blut- und Lymphstrom verschleppt; schließlich wandeln sie sich innerhalb 3—7 Monaten in irgendeinem Organe in eine Blase um, an deren vorderer Wand der Scolex sich ausbildet = Finnenstadium.

Die Finnen erscheinen als mit bloßem Auge sichtbare 1—20 mm lange Blasen mit wässerigem Inhalt (Fig. 34). Man unterscheidet an ihnen ein eingestülptes Receptaculum und in diesem den Scolex, den neuen Bandwurmkopf (Fig. 35). Genießt der Mensch eine Finne, die von einem bei ihm gedeihenden Bandwurm stammt, so setzt sich, nachdem die Kapsel im Magen gelöst und der Scolex frei geworden ist, dieser an der Darmwand fest und bildet einen neuen Bandwurm.

Für den Menschen kommen in Betracht:

1. Die Finne Cysticercus cellulosae im Schweinefleisch, aus dem Ei von Taenia solium entstanden. Prädilektionsstellen im inter-

muskulären Bindegewebe des Herzens und der Zunge. Der Scolex zeigt 4 Saugnäpfe und doppelten Hakenkranz. Die Finne kommt gelegentlich auch bei Hunden, Ratten usw. zur Entwicklung. Der Bandwurm Taenia solium haftet nur beim Menschen und veranlaßt bei diesem nicht unerhebliche Verdauungsstörungen. Von einem solchen Bandwurm aus kann außerdem die Cysticerkenkrankheit des Menschen bewirkt werden dadurch, daß im Menschen selbst Bandwurmeier zu Finnen auswachsen (vgl. Fig. 36). Es müssen dazu Bandwurm eier in den Magen des Menschen gelangen; das kann entweder in seltenen Fällen durch antiperistaltische Bewegungen geschehen, oder durch unbewußte und unabsichtliche Berührungen und Verschleppungen, die durch den bei Bandwurmkranken gewöhnlich bestehenden Juckreiz am After befördert werden; oder aber es können mit Wasser, rohen Gemüsen und allerhand Eßwaren Bandwurmeier eingeführt werden, namentlich wenn diejenigen, welche mit den Eßwaren beschäftigt sind (Verkäufer, Bäckerjungen, Köchinnen), am Bandwurm leiden.

2. Die Finne Cysticercus inermis im Rindfleisch, entstanden aus dem Ei des beim Menschen parasitierenden Bandwurms Taenia mediocanellata s. saginata. Prädilektionsstellen Kaumuskeln, masseter. 4 Saugnäpfe, kein Hakenkranz.

3. Der Embryo (Plerocercoid, nicht eigentlich Finne) des beim Menschen, namentlich Küstenbewohnern, häufigen Bandwurms Dibotriocephalus latus entwickelt sich in kleinen Krebsen, die von Fischen, Hecht, Barsch, Maräne aufgenommen werden, dann in Darm, Leber, Milz dieser Fische als freies Plerocercoid.

4. Für den Menschen unschädlich, aber mit Cyst. inermis gelegentlich zu verwechseln ist Cysticercus tenuicollis, die Finne eines beim Hund parasitierenden Bandwurms Taenia marginata. Die Finne findet sich beim Rind, Schwein, Schaf, aber stets nur in den Eingeweiden, nicht in den Muskeln.

5. Unbekannt ist der Wohnort der Finnen, aus denen Taenia nana (in Sizilien häufig), T. cucumerina und T. diminuta (selten) sich beim Menschen entwickeln.

6. Echinokokken, namentlich in der Leber von Schafen, sind die Finnen eines beim Hund lebenden Bandwurms T. echinococcus, der nur bis 4 Millimeter lang wird. Die Eier gelangen mit den Hundeexkrementen auf Weide- und Futterkräuter und von da in den Magen verschiedener landwirtschaftlicher Nutztiere. In diesen kommt es zur Bildung des Finnenzustandes in Form der Echinokokken, die sich vorzugsweise in der Leber etablieren. Verfütterung des ecchinokokkenhaltigen Fleisches an Hunde bewirkt bei diesen die Bandwurmbildung. Genuß der Finnen durch den Menschen führt nicht zur Bandwurmbildung, da letzterer beim Menschen nicht haftet. — Dagegen können die Eier des Bandwurms gelegentlich in den Magen des Menschen gelangen und in diesem sich zu Finnen entwickeln. Bei innigem Zusammenleben mit Hunden geraten die

Eier durch allerhand unkontrollierbare Berührungen in den Mund und Magen des Menschen. Dasselbe kann geschehen durch Vermittlung von Wasser, roh genossenen Gemüsen, z. B. Salat und dgl., die mit Hundeexkrementen verunreinigt waren. — Auch Taenia cucumerina, diminuta, marginata kommt bei Hunden, T. serrata bei Jagdhunden vor. Die Finne der letzteren soll in Hasen und Kaninchen gefunden sein.

Außerdem gibt es noch zahlreiche andere Würmer, Gregarinen usw. im Fleisch der Schlachttiere, die aber für den Menschen keine besondere Gefahr bedeuten. Hervorgehoben sei nur Distoma hepaticum (Fasciola hepatica), welches hauptsächlich von Schafen in Form eingekapselter Cercarien in Futterkräutern aufgenommen wird. Die Kapsel der Cercarien wird im Magen verdaut, die freigewordenen Würmchen wandern in die Gallengänge, entwickeln sich zu den sogenannten Leberegeln, und die dort produzierten Eier gehen durch die Gallenwege und den Kot ab. Aus ihnen entwickeln sich nach mehrwöchentlichem Aufenthalt im Wasser Embryonen, welche zunächst in Schnecken (Limnaeus minutus) ihre weitere Entwicklung durchmachen und dann erst die Umwandlung in Cercarien erfahren. Da dieser komplizierte Entwicklungsgang eingehalten werden muß, hat der Genuß von Leberegeln keine Ansiedlung der Parasiten im Menschen zur Folge, wohl aber ist die mit Egeln besetzte Leber abnorm fäulnisfähig und ekelerregend und deshalb vom Genuß auszuschließen.

2. Auf pflanzlichen Parasiten beruhende Krankheiten der Schlachttiere.

a) Perlsucht, Tuberkulose. 10—30 % aller geschlachteten Rinder (besonders ältere Kühe, am seltensten Kälber) und 2—3 % der Schweine sind tuberkulös. — Am häufigsten ist die Tuberkulose der serösen Häute (Perlsucht); ferner kommen Eutertuberkulose und oft käsige pneumonische Herde vor. — Fast stets sind die Lymphdrüsen stark entartet. Das Fleisch ist bei hochgradiger Tuberkulose fettarm und blaß. — Im Muskelfleisch finden sich Tuberkelbazillen nur in den kleinen das Fleisch durchsetzenden Lymphdrüsen und jedenfalls ist gut zubereitetes Fleisch unschädlich; doch spricht, abgesehen von der Möglichkeit einer Infektion durch rohes Fleisch (Hauttuberkulose bei Fleischern), die häufige Minderwertigkeit desselben für den Verkauf nur nach dem Erhitzen.

b) Milzbrand. Hauptsächlich bei Rindern und Schafen. An den Eingeweiden, der stark vergrößerten Milz und Leber, eventuell durch bakteriologische Diagnostik leicht zu erkennen. Im Fleisch zuweilen Hämorrhagien, in anderen Fällen ist keine Abnormität zu bemerken. — Gefährlich namentlich für die beim Schlachten, Abhäuten, mit dem Zubereiten des Fleisches usw. beschäftigten Menschen.

c) Rotz. Besonders bei Pferden. Knoten oder diffuse Infiltrationen auf der Schleimhaut der Nase, des Kehlkopfs, der Lunge; stark geschwellte Lymphdrüsen. Gefahr der Übertragung wie bei Milzbrand.

d) Wut. Das Fleisch, oft auch die Eingeweide sind ohne gröbere Veränderungen. Die Erkennung der Krankheit erfolgt meist durch die am lebenden Tier hervortretenden Symptome.

e) Eiterungen, Septikämie und Pyämie. Außer den Lokalaffektionen zeigen die erkrankten Tiere — am häufigsten Rinder — oft hämorrhagische Gastroenteritis, Ekchymosen auf den serösen Häuten, Milzschwellung usw. Das Fleisch ist vielfach mißfarbig. Derartige Erkrankungen können dem Menschen dadurch gefährlich werden, daß die Erreger in Wunden eindringen und Eiterung bzw. Sepsis veranlassen; oder es entstehen sog. Fleischvergiftungen.

f) Fleischvergiftung. Oft als Massenerkrankung auftretend. Ätiologisch und symptomatisch sind zwei Kategorien zu unterscheiden:

1. Fleischvergiftungen, richtiger Infektionen, durch parasitäre Bakterien, hauptsächlich Bac. paratyphi B (40%) und B. enteritidis Gaertner (60 %); selten durch B Paratyphi A und C, B, metatyphi usw., alles Angehörige der Coligruppe (genaueres s. Kap. X). Vorzugsweise handelt es sich um Fleisch von Schlachttieren, welche durch Wucherung derartiger Bakterien erkrankt waren (septische, z. B. vom Puerperium ausgehende Prozesse; auch ältere, wenig auffällige Herde, oder Mischinfektionen und dgl.). Meist ist das Fleisch des ganzen Tieres gefährlich, und zwar sofort nach der Schlachtung. Nur roh genossenes oder nicht durchgekochtes Fleisch kann Infektion durch die lebenden Bakterien und Intoxikation durch deren Endotoxine hervorrufen. — Das Fleisch kann auch gelegentlich postmortal mit den genannten Bakterien infiziert werden, sei es durch Berührung mit Fleisch von kranken Tieren, oder durch Verunreinigung mit Exkrementen von Schweinen (Schweinedarm), Ratten und Mäusen, oder durch menschliche Dejekte, unreines Eis usw., welche alle Paratyphus-B-Bazillen enthalten können. Im Fleischerladen aufbewahrtes und dann roh genossenes Hackfleisch ist besonders verdächtig. — Die beim Menschen entstehenden Krankheitserscheinungen sind entweder die der akuten Gastroenteritis, oder sie erinnern an Typhus oder an Cholera nostras; seltener treten dysenterische oder septische Symptome in den Vordergrund.

2. Fleischvergiftungen durch Toxine, welche postmortal von bestimmten saprophytischen Bakterien, namentlich dem Bac.

botulinus, nach der Schlachtung in einzelnen Stücken des aufbewahrten Fleisches (Würstchen) gebildet sind (s. im folgenden Abschnitt).

g) Maul- und Klauenseuche. Das Fleisch bleibt unverändert und vermag die Krankheit nicht zu übertragen.

h) Schweinerotlauf. Haut hyperämisch. Bauchfell und Schleimhaut des Ileum entzündet und ekchymosiert; Peyersche Plaques geschwollen. Über die Erreger s. Kap. X.

Schweineseuche, mit vorwiegender Erkrankung der Lunge und Pleura, durch kurze ovale Stäbchen verursacht. — Bei beiden Krankheiten scheint nach einigen Beobachtungen das Fleisch hochgradig affizierter Tiere nicht frei von schädlichem Einfluß auf den Menschen zu sein (Darmkatarrhe usw.).

3. Postmortale Veränderungen des Fleisches.

Das Fleisch bildet ein vorzügliches Nährsubstrat für Bakterien. Es kann zweifellos gelegentlich auch Infektionserregern zur Ansiedelung dienen, die von erkrankten Menschen aus auf das Fleisch gelangen; doch wird meistens die Konkurrenz saprophytischer Bakterien hinderlich sein.

Letztere können sich bei feuchter Oberfläche des Fleisches und bei Temperaturen zwischen 14 und 35° rapide vermehren, aber selbst bei 7—15° noch wuchern und sich weiter ausbreiten. Viele dieser Bakterien sind als unschädlich anzusehen, namentlich wenn das Fleisch vor dem Genuß gut zubereitet wird (Hautgoût des Wildes). Verbreitete Fäulnisbakterien vermögen indes auch Toxine, wenngleich in geringer Menge, zu liefern. Von Brieger sind aus zersetztem Fleisch Kadaverin, Putrescin, Neurin, Gadinin u. a. m. als zum Teil giftige Alkaloide isoliert, die sich namentlich bei wenig tiefgreifender Zersetzung bilden.

Von erheblicherer Bedeutung ist die Ansiedlung gewisser spezifischer Bakterien, des Bac. botulinus (vielleicht auch einiger Coli- und Proteusarten) im Fleisch. Der Bac. botulinus wächst anaërob und findet günstigste Lebensbedingungen im Innern von Würsten, Pasteten, Schinken usw.; er kann auch in Fisch und in vegetabilischen Konserven zur Wucherung kommen. Im lebenden tierischen Körper vermag er nicht sich zu vermehren; dagegen haben van Ermengem, Brieger und Kempner aus seinen Kulturen ein spezifisches Toxin isoliert, welches in typischer Weise die Symptome des „Botulismus“ (Wurstvergiftung) hervorruft, wie sie vielfach nach dem Genuß gefaulten Fleisches beobachtet sind. Diese Symptome bestehen — oft nach vorübergehendem Erbrechen, aber ohne Durchfälle — in Lähmungen der Muskeln des Auges, des Schlundes, der Zunge und des Kehlkopfs und infolgedessen in Erweiterung der Pupille, Ptosis, Akkommodations- und Motilitätsstörungen

des Auges, erschwertem Sprechen und Schlingen, Stuhl- und Urinverhaltung; nicht selten tritt unter den Erscheinungen der Bulbärparalyse der Tod ein. — Erhitzen auf 60° zerstört das Gift.

Mit Rücksicht auf die *Möglichkeit* derartiger die Gesundheit schwer bedrohender Intoxikationen und mit Rücksicht auf das instinktive Ekelgefühl des normalen Menschen gegen übelriechendes und mißfarbenes Fleisch, ist *jede verdorbene Ware vom Verkauf auszuschließen.*

Als abnorm ist das Fleisch anzusehen, wenn es keine frischrote, sondern braune oder grünliche oder auffällige blasse Farbe hat; wenn auf Druck reichlicher, mißfarbiger, mitunter alkalisch reagierender Saft hervorquillt; wenn das Fett nicht fest und derb, sondern weich und gallertartig ist; wenn das Mark der Hinterschenkel nicht fest und rosafarben, sondern mehr flüssig und bräunlich erscheint. Ist das Fleisch oberflächlich mit Lösung von Kaliumpermanganat, oder mit sog. Konservesalz (s. unten) behandelt und dadurch der Geruch zeitweise beseitigt, so läßt sich dieser dennoch konstatieren, indem man ein in heißes Wasser getauchtes Messer in das Fleisch einsticht und rasch wieder hervorzieht oder ein Stück aus dem Innern in Wasser aufkocht. — Mikroskopisch zeigt verdorbenes Fleisch verschwommene Querstreifen der Muskelfasern und außerdem zahlreiche Bakterien.

Außerordentlich verbreitet ist im Fleischhandel die Sitte, dem Fleisch, besonders dem Hackfleisch, die *rote Farbe* des Oxyhämoglobins länger zu erhalten durch Beimengen von *Konservesalz*, das teils aus Natriumsulfit, teils aus Natriumsulfat besteht. Auf 1 Kilo Hackfleisch werden gewöhnlich 10 g des Salzes zugesetzt. Bei Versuchstieren sind nach der Verfütterung von schwefligsauren Salzen Entzündungen und Hämorrhagien in verschiedenen Organen, namentlich in der Niere beobachtet. Außerdem wird durch die künstliche Rotfärbung eine minderwerte Beschaffenheit des Fleisches nur verschleiert. Mit Recht sind daher neuerdings derartige Zusätze verboten.

4. Seltenere Anomalien des Fleisches.

Bei einigen Tieren scheint es unter Umständen während des Lebens zu einer Anhäufung *giftiger* Stoffwechselprodukte, vorzugsweise in der *Leber*, zu kommen. Es wird dies von manchen Fischen, Austern usw. behauptet; ferner sind die mehrfach nach dem Genuß von Miesmuscheln beobachteten Erkrankungen auf ein hauptsächlich in der Leber derselben zeitweise angesammeltes Gift, das Mytilotoxin, zurückgeführt.

Giftige Arzneimittel sind wohl zuweilen im Fleisch der damit behandelten Schlachttiere nachgewiesen, aber in solchen Spuren, daß kaum eine Gefahr für die menschliche Gesundheit resultieren kann.

Als minderwertig ist das Fleisch junger Kälber anzusehen; bis zum 10. Tage liefern sie ein sehr blasses, graues, fettarmes Fleisch mit wässerigem, welkem Bindegewebe. Zwischen der 2. und 5. Lebenswoche ist es am besten zum Verkauf geeignet.

Von unangenehmem Beigeschmack und Geruch und deshalb verwerflich ist das Fleisch von männlichen Zuchttieren, von abgehetztem und an Erschöpfung verendetem Vieh.

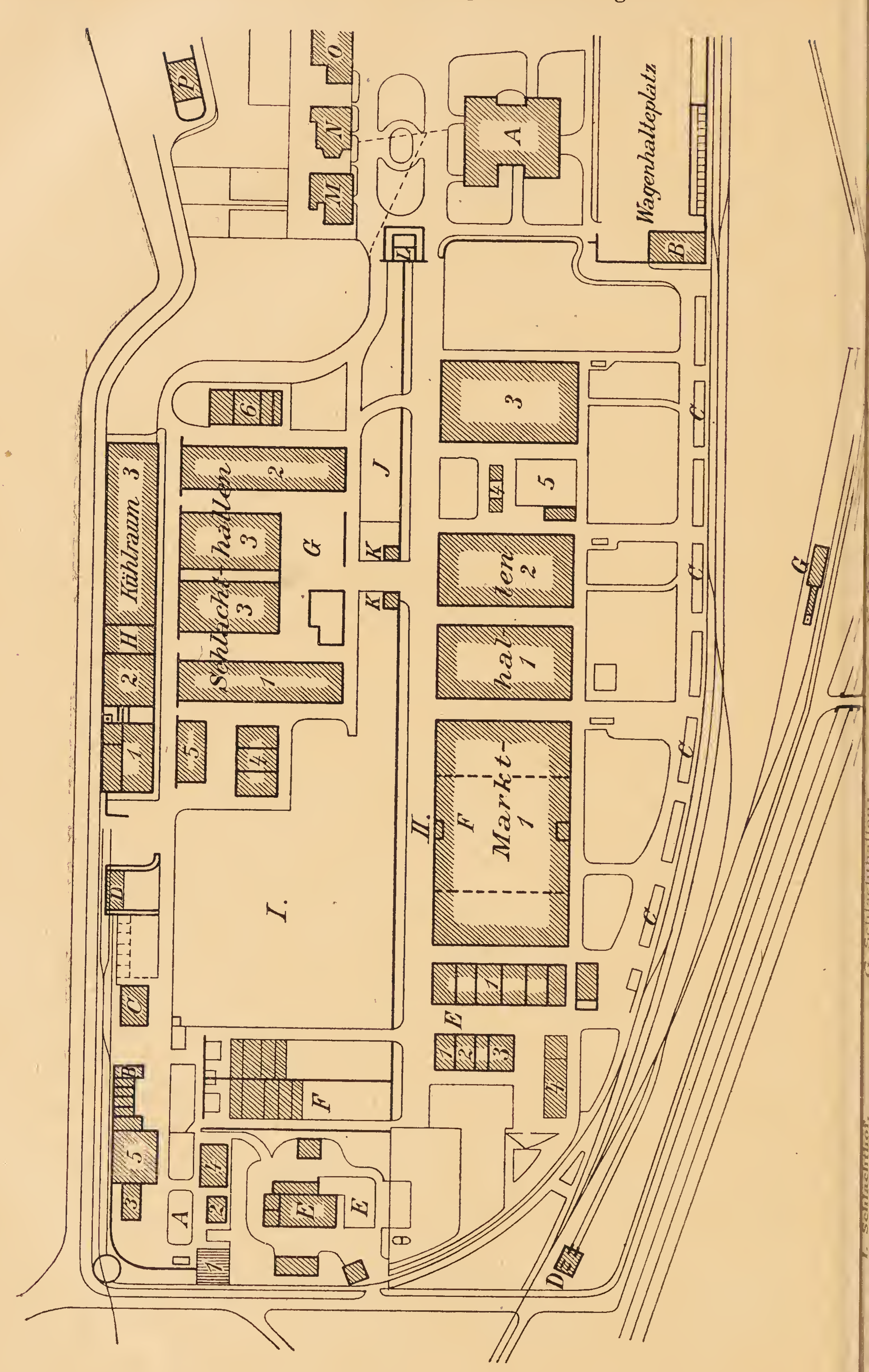
Sehr verbreitet ist die Unterschiebung von Pferdefleisch an Stelle von Rindfleisch, namentlich in Hackfleisch, Würsten usw. Vom hygienischen Standpunkt ist dies kaum zu beanstanden, wohl aber wird der Käufer finanziell geschädigt. Die Erkennung von Pferdefleisch stieß bisher (Nachweis des größeren Glykogengehalts) auf große Schwierigkeiten; jetzt ist sie leicht ausführbar durch die spezifischen Präzipitine im Serum von mit Pferdefleischinfus vorbehandelten Kaninchen; wäßriger Auszug aus Fleisch oder Wurst, denen Pferdefleisch beigemengt war, erzeugt in solchem Serum eine deutliche Trübung (genaueres s. in Kap. X).

Gegen die geschilderten Gefahren des Fleischgenusses stehen uns folgende Maßregeln zu Gebote:

1. Vorsichtsmaßregeln bei der Viehhaltung.

Die Kontinuität des Wirtswechsels tierischer Parasiten der Schlachttiere (vgl. Fig. 36) kann unterbrochen und damit die Gefahr der Weiterverbreitung großenteils vermieden werden durch reinliche Haltung der Ställe und reinliche Fütterung. Gibt man den Schweinen keine Gelegenheit, durch Ratten oder trichinöses Schweinefleisch Trichinen zu akquirieren, hält man namentlich die Schweineställe dicht und gegen ein Eindringen von Ratten geschützt, so ist eine Verbreitung der Trichinose unmöglich. — Ordnungsmäßige Beseitigung der menschlichen Dejekte und deren Fernhaltung von den Schweinen bzw. vom Rindvieh schützt gegen eine Entwicklung der Finnen von Taenia solium und T. mediocanellata und somit gegen die Weiterverbreitung dieser Bandwürmer. — Einschränkung der Zahl der Hunde und Verhinderung ihrer Anwesenheit bei den Schlachtungen kann die Fälle von Taenia echinococcus wesentlich verringern. Ferner ist Vernichtung alles echinokokkenhaltigen Fleisches und Vorsicht im Verkehr der Menschen mit Hunden indiziert.

Der Verbreitung der Zoonosen (Milzbrand, Rotz, Wut usw.) ist durch Seuchengesetze, speziell durch Anzeigepflicht, Sperren und Desinfektionsmaßregeln wirksam vorzubeugen.


Wagenhalteplatz
Kühlraum
Schlacht-hallen
Markt-hallen
I.
II.

I. Schlachthof:
A Polizei-Schlachthof
1 Entladeraum,
2 u. 3 Ställe,
4 Schlachthaus,
5 Desinfektion.
B Fellsalzerei.
C Talgschmelze.
D Düngerhaus.
E Roßschlächterei.
F Überständerhof.
G Schlachthallen:
1 für Großvieh,
2 für Kleinvieh,
3 für Schweine,
4 Stall für Großvieh,
5 Kuttelei,
6 Stall für Kleinvieh.
H Kühlraum:
1 Maschinenraum,
2 Vorkühlraum,
3 Großer Kühlraum.
J Notstall.
K Desinf. u. Stellenhaus.
L Pförtnerhaus.
M Inspektorhaus.
N Verwaltungshaus.
O Beamtenwohnung.
P Freibank.

II. Viehmarkt.
A Börse.
B Pferdeausspann.
C Laderampe.
D Lokomotive.
E Stallung für:
1 Großvieh,
2 Kleinvieh,
3 Schweine,
4 Streuschuppen.
F Markthallen:
1 für Großvieh,
2 für Schweine,
3 für Kälber u. Hammel,
4 Laderampe,
5 Schweinewäsche.
G Desinfektions-Anstalt.

2. Fleischbeschau.

Für Deutschland bestimmt das Fleischschaugesetz vom 3. Juni 1900 u. a. folgendes:

§ 1. Rindvieh, Schweine usw., deren Fleisch zum Genuß für Menschen verwendet werden soll, unterliegt vor und nach der Schlachtung einer amtlichen Untersuchung.

§ 5. Die Untersuchung erfolgt durch Tierärzte und andere Personen, welche genügende Kenntnisse nachgewiesen haben.

§ 9. Fleisch, das für den menschlichen Genuß untauglich ist, darf als Nahrungs- oder Genußmittel für Menschen nicht in Verkehr gebracht werden und ist von der Polizeibehörde in unschädlicher Weise zu beseitigen.

§ 10. Ergibt die Untersuchung, daß das Fleisch zum Genusse für Menschen nur bedingt tauglich ist, so ist es zu beschlagnahmen, und die Polizeibehörde bestimmt, unter welchen Sicherungsmaßregeln es zum Genusse für Menschen brauchbar gemacht werden kann. Bevor dies geschehen, darf es als Nahrungs- und Genußmittel für Menschen nicht in Verkehr gebracht werden.

§ 21. Bei der gewerbsmäßigen Zubereitung von Fleisch dürfen Stoffe und Arten des Verfahrens, welche der Ware eine gesundheitsschädliche Beschaffenheit zu verleihen vermögen, nicht angewendet werden. Verkauf und Einfuhr solchen Fleisches ist verboten.

Auch enthält das Gesetz besondere Bestimmungen betreffs der Einfuhr von Fleisch über die Zollgrenzen. Die Einfuhr von Büchsenfleisch ist verboten.

Da pathologische Veränderungen nur selten an den Muskeln, dagegen fast regelmäßig an den Eingeweiden auftreten, so ist eine Fleischbeschau nur während des Schlachtens durch Begutachtung der inneren Organe möglich. Eine solche Fleischbeschau kann in zuverlässiger Weise im allgemeinen nur

in einem städtischen Schlachthaus erfolgen. Sobald ein solches eingerichtet ist, steht den Kommunen nach dem preußsichen Gesetz von 1868 das Recht zu, Privatschlachtstätten zu verbieten.

In den großen Städten sind die Schlachthäuser gewöhnlich mit dem Viehhof, mit Schienengleis nach dem Bahnhof (Erleichterung der Zufuhr, Unabhängigkeit von lokalem Angebot!), mit einem Börsengebäude, Markthallen, ausgedehnten Stallungen usw. verbunden (s. Fig. 37). Auf dem eigentlichen Schlachthof befinden sich: 1. das Polizeischlachthaus und Observationshaus für verdächtiges Vieh. Daselbst befinden sich auch Räume für das konfiszierte Fleisch und für dessen Vernichtung. Daneben Talgschmelze, Fellsalzerei, Düngerstätte usw. 2. Rinderschlachthallen. Entweder sind dieselben nach dem Zellensystem eingerichtet; von einer Mittelhalle, welche als Vorplatz zum Aushängen des Fleisches dient, gehen nach rechts und links kleine Abteilungen, welche von je einem oder mehreren Fleischern benutzt werden; oder es bestehen gemeinsame Schlachthallen, die nur durch Pfeiler unterbrochen sind, und dieses System verdient vom hygienischen Standpunkt den Vorzug, weil dann die Beaufsichtigung leichter und infolge der gegenseitigen Kontrolle der Fleischer gleichmäßiger ist. 3. Schweineschlachthallen mit drei Abteilungen, dem Abstechraum, dem Brühraum, in welchem die getöteten Tiere abgebrüht werden, und der eigentlichen Schlachthalle. 4. Die Kühlhallen zur Aufbewahrung des geschlachteten Fleisches. 5. Eine besondere Pferdeschlächterei. 6. Kuttelei zum Ausräumen, Waschen und Reinigen der Därme. Wegen der Gerüche und der starken Wasserdampfentwicklung von den übrigen Räumen abzusondern. 7. Wohnung für den Direktor, Untersuchungszimmer für die Fleischbeschauer usw.

Der Direktor ist Tierarzt und hat sachverständige Gehilfen. Das zugeführte Vieh kommt zunächst in die Stallungen, muß dort ruhen und wird zunächst im lebenden Zustande untersucht. Wird es nicht beanstandet, so kann es geschlachtet werden. Die dabei angewandten Methoden bestehen in: 1. Öffnen der Halsblutgefäße ohne Betäubung (Schächten). 2. Betäubung durch Keulenschlag auf den Schädel und Öffnen der Halsblutgefäße — gebräuchlichste Methode. 3. Genickstich oder Genickschlag, unzweckmäßig, weil infolge der Zerstörung der Zentren in der Medulla kein vollständiges Ausbluten erfolgt. 4. Schlag mit der Buterolle, einem Hohleisen, welches mit einem Hammer verbunden bzw. in eine Art Maske eingeschlossen ist und dem Tiere ins Gehirn getrieben wird. 5. Durch Abfeuern einer Patrone mittels Schußmasken. 6. Betäubung und Einblasen von Luft durch einen Troikar in die Pleurahöhle. — Letztere Methode ist ungünstig, weil dabei das Blut im Fleische bleibt und dann leichter Verderben und Mißfarbigwerden des Fleisches eintritt. Daß der Nährwert des Fleisches durch das darin bleibende Blut wesentlich erhöht werde, ist unrichtig. — Nach dem Öffnen des Tieres werden die Eingeweide begutachtet und die Proben entnommen zur Untersuchung auf Trichinen (s. S. 232).

Wird das Tier als „tauglich" erklärt, so wird es weiter zerlegt, das Fleisch gestempelt und zum Verkauf freigegeben. Im übrigen wird noch unterschieden zwischen „bedingt tauglichem" und „un-

tauglichem" Fleisch. Bedingt tauglich ist 1. das Fett von Tieren mit frischer ausgebreiteter Tuberkulose, mit Finnen, Miescherschen Schläuchen und Trichinen; 2. das ganze Fleischviertel bei mäßiger Tuberkulose, wenn sich in ihm nicht mehr als eine kranke Lymphdrüse findet; 3. der ganze Tierkörper, wenn eine frische, nur auf Eingeweide oder Euter beschränkte Blutinfektion ohne hochgradige Abmagerung vorliegt, ferner bei mäßigem Schweinerotlauf und bei Finnen. Das bedingt taugliche Fleisch muß zum Genuß für Menschen durch Einwirkung von Hitze (Ausschmelzen, Kochen, Dämpfen) oder durch 3 Wochen lange Pökelung brauchbar gemacht werden; meist wird es in kleineren Stücken im Dampfsterilisator (Hartmann, Rohrbeck u. a.) gekocht und in diesem Zustande auf der „Freibank" (Fig. 37 P) an das Publikum verkauft. Für finniges Fleisch genügt die mindestens 21tägige Aufbewahrung im Kühlraum.

Untauglich ist der ganze Tierkörper, wenn u. a. Milzbrand, Rauschbrand, Rinderseuche, Tollwut, Rotz, Rinderpest, eitrige oder jauchige Blutvergiftung, schwere Tuberkulose oder Schweineseuche, Schweinerotlauf mit erheblicher Veränderung des Muskel- und Fettgewebes vorliegt; ferner bei Trichinose mit Ausnahme des Fettes. Solches Fleisch muß durch Einwirken höherer Hitzegrade (Dämpfen im Podewilsschen Apparat, trockene Destillation, Verbrennen) oder auf chemischem Wege bis zur Auflösung der Weichteile oder durch Vergraben (tiefe Einschnitte in das Fleisch, mindestens 1 m Erdschicht) unschädlich beseitigt werden.

Infektion des Schlachttiers durch Fleischvergiftungsbazillen läßt sich oft beim Schlachten nicht erkennen, namentlich wenn nur noch Residuen eines älteren Prozesses vorliegen. Durch Kultur aus Blut oder verdächtigen Organen ist die Infektion nachzuweisen; das Verfahren erfordert aber zu viel Zeit. Vielleicht bietet der höhere Agglutiningehalt des Muskelsafts (1 : 80) gegenüber Paratyphus B oder Bac. Gärtner bessere Anhaltspunkte für die Diagnose (Müller).

Ein besonderer Vorteil der Schlachthäuser liegt noch darin, daß das Fleisch daselbst möglichst reinlich behandelt, und daß somit der späteren Zersetzung energisch vorgebeugt wird.

Der Fußboden der Schlachthalle ist aus gerillten Fliesen hergestellt und mit solcher Neigung und mit Rinnsalen versehen, daß Verunreinigungen leicht abgeschwemmt werden können. Überall steht reichlich Wasser zur Disposition, ebenso ist für gute Lüftung gesorgt; Drahtgitter schützen gegen Fliegen, Jalousien gegen Sonnenstrahlung. Von den Abfällen, die in ungeheurer Masse geliefert werden, werden die flüssigen abgeschwemmt, wobei die festen Partikel durch Siebeimer zurückgehalten werden; der Dünger und Kehricht wird abgeholt und als wertvolles Düngemittel verwandt.

3. Aufbewahrung des Fleisches nach dem Schlachten.

Das frisch geschlachtete alkalisch reagierende Fleisch ist zäh und hat leicht einen faden, widerlich süßen Geschmack. Soll es trotzdem genossen werden, so ist das Fleisch tüchtig zu klopfen und in nicht zu großen Stücken gründlich zu kochen oder zu dämpfen. Gesundheitsschädlich ist frisches gekochtes Fleisch nicht. — Für gewöhnlich bewahrt man aber das Fleisch 2—3 Tage nach der Schlachtung auf; durch einen autolytischen Vorgang entsteht eine Säuerung, durch diese wird

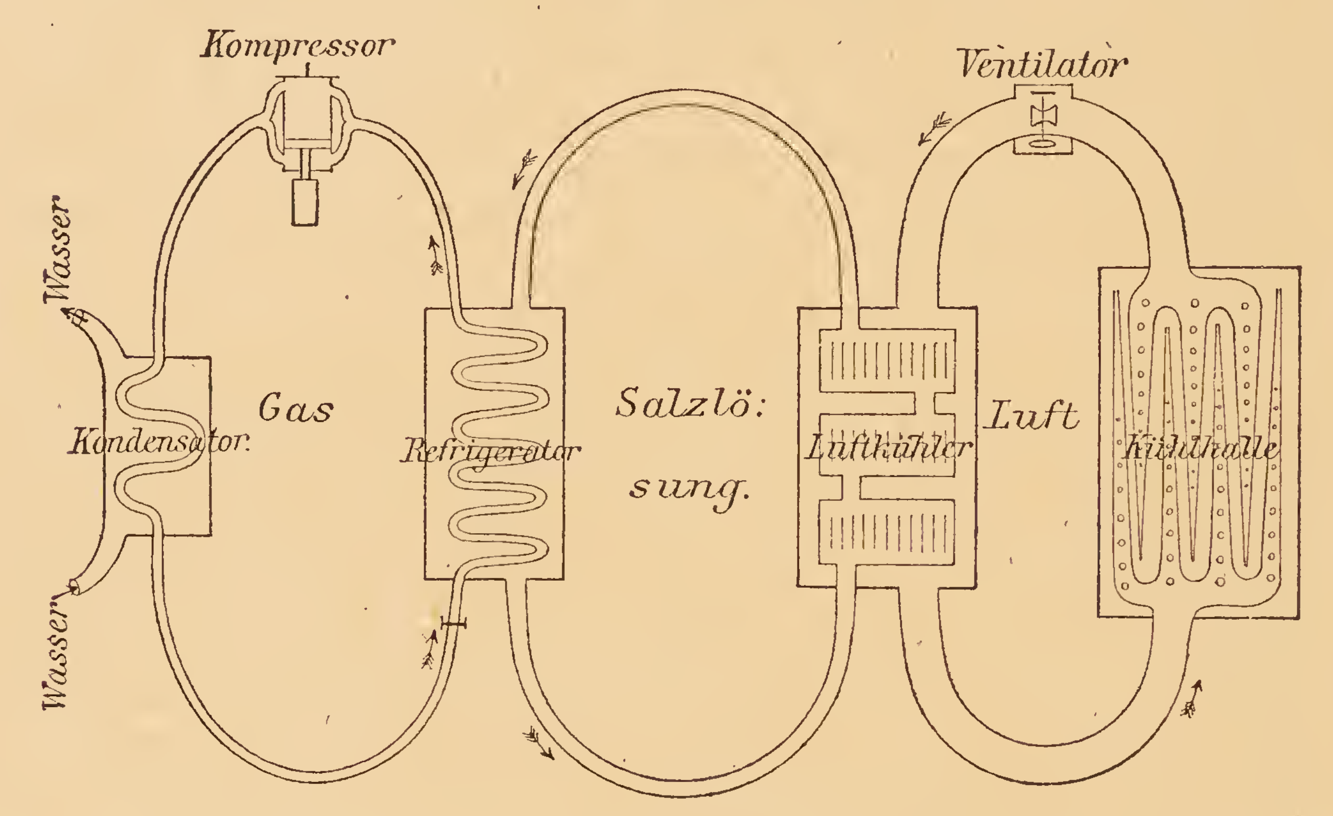


Fig. 38. Schematische Darstellung der Kühleinrichtung für die Kühlhalle.

das intrafibrilläre Bindegewebe und das Sarkolemm gelockert, und gleichzeitig entwickeln sich kräftige und angenehme Geschmacksreize. Es fragt sich, wie diese Aufbewahrung des Fleisches vor sich gehen soll, ohne daß Saprophyten, Infektionserreger oder üble Gerüche in das Fleisch eindringen.

Die Aufbewahrung im Eisschrank ist eine unzulängliche Methode. Bei der Temperatur des Eisschrankes (7—12°) hört das Bakterienwachstum durchaus nicht auf; dazu kommt, daß sich im Eisschrank fortwährend Wasserdampf aus der Luft kondensiert und die Oberfläche des Fleisches allmählich sehr stark durchfeuchtet wird. Gerade diese weiche Oberfläche bietet dann den Bakterien einen vorzüglichen Nährboden. Auch der Geschmack des im Eisschrank gehaltenen Fleisches leidet erheblich.

Richtiger ist es, das Fleisch in relativ trockner, etwas bewegter Luft abhängen zu lassen, so daß die Oberfläche eintrocknet. Es ist dann den Bakterien nicht möglich, in der oberflächlichen Schicht zu

wuchern und von da in die Tiefe zu dringen. Ein solches Abhängen gelingt am besten in den Kühlhallen der Schlachthäuser.

In Lindeschen Eismaschinen wird durch einen Kompressor Ammoniak (oder Luft) komprimiert, die dabei entstehende Wärme durch Kühlung mit Wasser beseitigt; das gekühlte komprimierte Ammoniak läßt man durch ein Ventil in den Refrigerator ausströmen, d. h. in Röhren, welche ein Gefäß mit Salz-(Chlorkalzium-)Lösung durchziehen; durch die plötzliche Expansion des Gases erfolgt intensive Abkühlung der Salzlösung. Das Ammoniakgas gelangt darauf wieder in den Kompressor und beginnt seinen Kreislauf aufs neue.

Die im Refrigerator unter 0° abgekühlte Salzlösung wird zu einem Behälter, dem Luftkühler, geleitet, in welchem sie über eine große Oberfläche (rotierende poröse Scheiben) strömt; dort tritt Luft, die mittels Ventilators eingetrieben wird, in innige Berührung mit der kalten Salzlösung. Letztere fließt, nachdem sie ihre Kälte an die Luft abgegeben hat, zum Refrigerator zurück.

Die gekühlte Luft tritt durch Rohre unter der Decke des Kühlraums aus, senkt sich nach abwärts, erwärmt sich allmählich, bekommt dadurch ein größeres Sättigungsdefizit und austrocknende Wirkung auf die Oberfläche des aufgehängten Fleisches, steigt bei weiterer Erwärmung allmählich nach oben, und wird von an der Decke gelegenen Röhren, deren Öffnungen nach oben gekehrt sind, aufgenommen und wieder dem Luftkühler zugeführt.

Im übrigen ist bei der Aufbewahrung des Fleisches und in den Fleischerläden selbstverständlich die größte Reinlichkeit notwendig; jede engere Verbindung der Verkaufslokale mit Wohn- und Schlafräumen ist zu verbieten. In Fällen von infektiösen Krankheiten innerhalb der Familie des Fleischers ist ähnliche Sorgsamkeit notwendig, wie sie bezüglich der Milchwirtschaften gefordert wurde.

4. Zubereitung des Fleisches.

In Anbetracht der zahlreichen Gefahren, welche mit dem Genuß des rohen Fleisches verbunden sein können, sollte das Fleisch niemals im rohen Zustande genossen werden, auch dann nicht, wenn eine geordnete Fleischschau besteht. Einzelne Finnen werden z. B. leicht übersehen, aber selbst eine einzige genügt, um einen Bandwurm hervorzurufen; ebenso ist es nicht möglich, die Trichinenschau überall in hinreichend zuverlässiger Weise durchzuführen; wie oben ausgeführt wurde, gewährt die Fleischschau auch gegenüber den Fleischvergiftungen keinen sicheren Schutz. Das rohe Fleisch besitzt keinen höheren Nährwert und ist nicht leichter verdaulich als das präparierte. Für gewöhnlich soll daher Kochen oder Braten des Fleisches oder aber zuverlässiges Konservieren dem Genusse vorausgehen. Würde allgemein auf den Genuß rohen Fleisches oder wenigstens Schweinefleisches verzichtet — wie in anderen Kulturländern —, so könnten die enormen Kosten für die Tri-

chinenschau gespart werden. — In den Militärkantinen ist mit Recht der Vertrieb von rohem Hackfleisch gänzlich verboten.

a) Kochen und Braten.

Durch mäßige Hitze werden die Parasiten fast ausnahmslos zerstört. Trichinen sterben bei 65° ab, Finnen bei 52°, die meisten Kontagien bei 60—65°, die ¼—½ Stunde einwirken. Nur manche Toxine bleiben auch nach Einwirkung höherer Temperaturen unzersetzt.

Allerdings dringt die Hitze in größere Stücke nur langsam ein; beispielsweise zeigt ein Stück Fleisch von 3½ Pfund in kochendem Wasser erst nach 1½ Stunde eine Temperatur von 62° im Innern. Halb gar gebratenes Fleisch, aus welchem beim Schneiden nur mühsam trüber Saft hervorquillt, und bei welchem also auch noch keine Gerinnung des Myosins stattgefunden hat, bietet natürlich auch keine Garantie gegen Parasiten.

Das Fleisch wird durch das Kochen und Braten nur in geringem Grade verändert. Beim Kochen wird es in 2 Teile zerlegt, das Eiweiß gerinnt, es wird Flüssigkeit ausgepreßt und es entsteht so 1. die Brühe. Diese enthält sehr wenig feste Substanzen, nur 2½—3½ %, hauptsächlich Extraktivstoffe und anorganische Salze. Die nährenden Bestandteile, insbesondere die Eiweißstoffe, Myosin, der Blutfarbstoff bleiben ganz im Fleisch und nur Spuren von Albumin gehen in die Brühe über, gerinnen dort durch die Hitze und werden mit dem vorwiegend aus Fett bestehenden sog. Schaum abgeschöpft. Bei Knochenzutat löst sich in der Brühe noch etwas Leim; sie enthält aber immer nur eine sehr kleine Menge von Nährstoffen, und ihr Wert liegt nur in den wohlschmeckenden und Absonderung des Magensafts anregenden Extraktivstoffen. 2. Das gekochte Fleisch. Dasselbe hat viel Wasser, Salze und Extraktivstoffe, aber nur eine sehr geringe Menge Nährstoffe verloren. 100 Teile frisches Fleisch geben 57 Teile gekochtes. Wird das Fleisch zunächst mit Wasser ausgelaugt und dann erhitzt, so wird es hart, zäh und geschmacklos, aber durch feines Zerkleinern, Hacken und Schaben ist es gleichwohl verdaulich und nahrhaft zu machen. Besser von Geschmack bleibt es, wenn man große Stücke gleich in siedendes Wasser einbringt. Es bildet sich dann an der äußeren Fläche eine Hülle von geronnenem Eiweiß, welche das Innere vor weiterer Auslaugung schützt. — Gebratenes Fleisch hat etwa die gleiche Konzentration wie gekochtes, 100 Teile frisch entsprechen 56 Teile Braten; im übrigen hat es seine Beschaffenheit wenig verändert. Sehr bald bildet sich auf der Oberfläche eine undurchlässige Kruste, so daß das Innere saftig bleibt. Das Bindegewebe wird in Leim verwandelt, das Myosin gerinnt; das Fleisch wird dadurch leichter verdaulich als in rohem Zustande; die brenzlichen Röstprodukte geben außerdem einen ange-

nehmen Geschmacksreiz. Mit der Sauce zusammengenossen, welche viel Fett und namentlich freie Fettsäuren enthält, wird es von empfindlichen Menschen schlechter ertragen; dagegen ist es im kalten, feingeschnittenem oder geschabtem Zustande außerordentlich leicht verdaulich.

b) Konservierungsmethoden.

Wegen der schlechten Haltbarkeit des Fleisches sind seit Jahren viele Versuche zur Konservierung desselben gemacht. Zum Teil verwendet man Mittel, welche die Fäulniserreger und zugleich die Kontagien, Finnen und Trichinen töten. Andere Mittel bewirken nur eine gewisse Hemmung der Bakterien und der Fäulniserscheinungen; die etwa vorhandenen pathogenen Bakterien und tierischen Parasiten können lebendig bleiben, und diese Konserven bedürfen der besonderen Zubereitung vor dem Genuß. — Die Konservierungsmethoden dürfen keine giftigen Stoffe in das Fleisch hineinbringen und den Nährwert und Geschmack des Fleisches nicht beeinträchtigen. Vorzugsweise in Betracht kommen folgende Methoden:

1. Kälte. Sie wirkt entwicklungshemmend, tötet aber nur wenig Bakterien (s. Kap. X). Trotzdem hat man auch die Kälte zu einer längeren Konservierung des Fleisches zu verwenden und namentlich die großen Fleischvorräte Südamerikas und Australiens auf den europäischen Markt zu bringen versucht. In England importiert man entweder Rinder- und Hammelfleisch als Gefrierfleisch, das bei Temperaturen unter 0° in Kaltluftkammern fest gefroren ist und in Schiffen mit Kaltluftkammern befördert wird. Hier muß vorsichtiges Auftauen in besonderen Hallen erfolgen und von da direkter Verkauf, wenn nicht zu viel Saft ausfließen und rasches Verderben eintreten soll. Auch nach vorsichtigem Auftauen leidet der Geschmack; für Suppen und Kochfleisch ungeeignet. — In Deutschland ist seit Kriegsbeginn viel Fleisch als Gefrierfleisch konserviert. Eine gewisse Minderwertigkeit, namentlich bezüglich der Geschmacksreize ist dabei nicht vermeidbar und muß in Kauf genommen werden; ebenso ein erleichterter Verderb des aufgetauten Fleisches. Nach Konrichs Untersuchungen veranlaßt das Ausfrieren im Inhalt der Muskelschläuche Dissoziation; das Wasser trennt sich vom Kolloid und tritt durch Osmose nebst einem Teil der Salze durch die Sarkolemm-Hülle hindurch. Infolge des Gefrierens der ausgetretenen Flüssigkeit wird das Bindegewebe-Gespinnst um die Muskeln überdehnt und oft zerrissen. Nach dem Auftauen erfolgt keine Rückbildung, sondern durch die entstandenen Löcher des Sarkolemmschlauchs tritt Eiweiß aus und tropft mit dem „Lecksaft“ ab. Die Elastizität des Gewebes wird dadurch meßbar herabgesetzt und das Fleisch „teigig“. Die Bakterien dringen in solchem Fleisch viel leichter vor, sie finden vorgezeichnete Wege, und das Muskeleiweiß ist besser angreifbar geworden; daher die raschere Fäulnis. — Neuerdings wird für den Import Kühlfleisch bevorzugt, das bei + 3° gehalten, weniger gut konservierbar aber schmackhafter ist. Bessere Konservierung gelingt durch den „Linley-Prozeß“, bei dem außer der Kälte Formal-

dehyd einwirkt; es bildet sich auf der äußersten Oberfläche eine dünne harte Schicht, die gegen Verderb schützt.

2. Wasserentziehung. Eine rasche Eintrocknung der Oberfläche verhindert für lange Zeit den Eintritt der Fäulnis. Von diesem Mittel wird z. B. an allen Orten ausgiebiger Gebrauch gemacht, wo eine lebhafte Windbewegung und eventuell ein niederer Luftdruck die Wasserverdunstung begünstigt, z. B. auf hohen Bergen. In Südamerika benutzt man seit langer Zeit die Sonnenwärme zum Austrocknen des Fleisches. Das Fleisch von mageren, abgetriebenen Tieren wird in Streifen geschnitten und der Sonne ausgesetzt; da es aber nicht gelingt, dadurch die letzten Mengen von Wasser fortzubringen, muß das Fleisch noch mit Kochsalz und Borsäure eingerieben werden, um vollkommen haltbar zu werden. In dieser Form kommt es als Tassajo oder Charque in den Handel, ist aber für Europäer kaum genießbar. — Ein besseres Fabrikat wurde früher unter Anwendung von heißer Luft hergestellt, die sogenannte Carne pura. Auch dabei war indes ein gewisser Kochsalzzusatz zur völligen Konservierung des Präparates nötig. Das getrocknete Fleisch kam in pulverförmigem Zustande in den Handel, jedoch zu ziemlich hohem Preis, und war nicht imstande, mit den heimischen Präparaten zu konkurrieren.

3. Salzen, Pökeln. Imprägniert man das Fleisch mit einer 8—25%igen Salzlösung (meist unter Zusatz von etwas Salpeter) oder legt man das Fleisch trocken in ein Salz-Salpetergemenge, so wird ein großer Teil der Bakterien getötet und alle werden an der Wucherung verhindert. Finnen sind nach 21tägigem Pökeln in 25%iger Salzlake abgestorben. Das Verfahren wird bei Rind- und Schweinefleisch und bei Fischen (Hering, Lachs, Sardellen) angewendet. Der Nährwert wird etwas verringert, die Verdaulichkeit scheint nicht zu leiden; die rote Farbe des Fleisches wird dauernd erhalten.

4. Räuchern. Das Fleisch wird in einer Räucherkammer dem abgekühlten Rauch von Buchen- oder Eichenholz, eventuell auch Wacholdersträuchern, ausgesetzt. Daneben findet ein starker Luftzug und durch diesen ziemlich erhebliche Austrocknung statt; oft werden die Fleischwaren vorher stark mit Salz imprägniert. — In neuerer Zeit hat man außerdem eine sogenannte Kunst- oder Schnellräucherung eingeführt, welche nur im Eintauchen des Fleisches in eine Mischung von Wasser, Holzessig und Wacholderöl besteht. Bei dem letzterem Verfahren werden die Kontagien und Parasiten durchaus nicht vollständig getötet. Dagegen sind in den langsam in Räucherkammern geräucherten und stark ausgetrockneten Fleischwaren gewöhnlich keinerlei lebende Parasiten mehr enthalten. Finnen haben überhaupt eine Lebensdauer von nur 3 Wochen, werden also in solchen Konserven niemals gefunden. — Die verbreitesten Konserven, Schinken und Würste, sind seit Einführung der Schnellräucherung nicht ohne Bedenken zu genießen, sobald man über ihre Herkunft und die Art ihrer Herstellung nicht unterrichtet ist. Zu Würsten werden außerdem erfahrungsgemäß alle möglichen Fleischabfälle, die sich anderweit nicht verwerten lassen, verbraucht. Sehr oft tritt in denselben nachträgliche Fäulnis ein, namentlich im Innern voluminöser Präparate, wo die Hitze bzw. der Rauch nicht ordentlich eingedrungen ist. Daher die Gefahr der Wurstvergiftung, s. S. 237.

5. Chemikalien wie B o r s ä u r e, S a l i z y l s ä u r e sollten zur Konservierung des Fleisches nicht verwendet werden, da beide sich nicht indifferent gegenüber dem menschlichen Organismus verhalten. Neuerdings werden für Fleisch auch K o h l e n s ä u r e und F o r m a l i n (s. oben), für Margarine Benzoesäure, zu Konservierungszwecken benutzt.

6. E r h i t z e n in bakteriendicht verschlossenen Gefäßen. Schon Ü b e r g i e ß e n des Fleisches m i t h e i ß e m F e t t führt zu einer langen Konservierung desselben; die anhaftenden Bakterien werden dabei getötet, der Zutritt neuer Bakterien durch die Fetthülle verhindert. In solchem Zustande kann sogar Fleisch über See transportiert werden. — Am vollkommensten geschieht die Konservierung in Blechbüchsen (A p p e r t s c h e s Verfahren). In denselben wird das Fleisch zunächst erhitzt, dann werden die Büchsen zugelötet und die Erhitzung noch eine Zeitlang fortgesetzt. Dabei werden alle Bakterien und alle Kontagien s i c h e r getötet. Früher kamen in dieser Form z. B. aus Amerika Zungen, das Corned Beef usw. Diese standen den heimischen Präparaten dadurch nach, daß infolge des langen Kochens das Bindegewebe gelatinös geworden war und dadurch die zähe Faserung des Fleisches stärker hervortrat; außerdem stammte das Fleisch oft von abgetriebenem Vieh. Vor dem Kriege war die Einfuhr von Büchsenfleisch nach Deutschland verboten.

7. Seit langen Jahren werden die zahllosen Rinderherden Südamerikas auch dazu verwertet, aus dem Fleisch derselben F l e i s c h e x t r a k t herzustellen. Zu dem Zwecke wir das zerhackte magere Fleisch mit Wasser gekocht, das Albumin und Fett abgeschöpft, die Brühe eingedampft bis zur dicken Sirupkonsistenz. Ein Rind liefert etwa 5 kg Fleischextrakt. Außerdem werden die Schlachtabfälle zu einem Dungmittel, dem Fleischknochenmehl, verarbeitet. Das ausgekochte Fleisch wird zermahlen, mit Kochsalz und Kaliumphosphat versetzt und als Fleischfuttermehl für Schweine verkauft. — Der Fleischextrakt enthält 17 % Wasser, 20 % Salze, 63 % organische Stoffe, die größtenteils aus Extraktivstoffen, zu etwa 20 % aus löslichem Eiweiß bestehen. Der Fleischextrakt hat sehr geringen Nähreffekt aber bietet ausgezeichnete G e n u ß - und R e i z m i t t e l (s. S. 165). Im flüssigen Zustande unter Zusatz von viel Kochsalz hergestellte Extrakte sind die Präparate von Cibils, Maggi u. a. — In letzter Zeit kommen Ersatzpräparate in Handel, hauptsächlich aus Aminosäuren bestehend, die durch hydrolytische Spaltung aus Magermilch, Hefe u. dgl. gewonnen sind. Gute Präparate dieser Art, wie z. B. das von Dr. Eichloff in Greifswald, sind dem Fleischextrakt ziemlich gleichwertig.

Im folgenden sei noch besonders auf einige möglichst l e i c h t v e r d a u l i c h e F l e i s c h p r ä p a r a t e für Kranke und Rekonvaleszenten hingewiesen:

B e e f t e a. 300 g fettfreies Fleisch in kleine Würfel geschnitten, ohne jeden Zusatz in einer weithalsigen Flasche mit lose aufgesetztem Kork in warmes Wasser gestellt, letzteres langsam erhitzt und 20 Minuten im Sieden gehalten. Die abgegossene gelbe Brühe (ca. 100 ccm) enthält: 7,3 feste Bestandteile; darin 5,5 organisch, etwas fein suspendiertes Eiweiß, etwas Pepton und Leim. — Als

Nährmittel ungeeignet, aber von kräftigem Geschmack und bei Zugabe von nährenden Präparaten zu empfehlen (teuer!).

Succus carnis. Das fein zerhackte Fleisch wird in Lagen von je 250 g durch grobe Leinwand getrennt unter eine Fleischpresse gebracht. 1 Kilo Fleisch liefert 230 g Saft, welcher 6 % Eiweiß, in einer Tasse also 12—14 g enthält. Vor dem Genuß ist der Saft auf nicht mehr als 40° zu erwärmen und reichlich mit Salz und Gewürz (Fleischextrakt) zu versetzen. Bei höherer Temperatur würden die Eiweißstoffe koagulieren. — Das Präparat leistet eine nicht unerhebliche Eiweißzufuhr, aber für sehr hohen Preis, und ist von unangenehmem Geschmack.

Zahlreiche Versuche gehen darauf aus, das Eiweiß des Fleisches zu peptonisieren. Bei der Magenverdauung und bei der künstlichen Verdauung entstehen bekanntlich zunächst vorwiegend Albumosen, leicht lösliche und verdauliche, durch Salpetersäure noch fällbare Vorstufen der Peptone; erst späterhin überwiegen die nicht mehr fällbaren Peptone. Auf die Albumosen ist es bei Herstellung der Peptonpräparate in erster Linie abgesehen; dieselben haben nur faden, nicht unangenehmen Geschmack, während die Peptone wegen ihres bitteren, brenzlichen und adstringierenden Geschmackes durchaus nicht für Ernährungszwecke geeignet sind. — Präparate von Liebig-Kemmerich mit ca. 35 % Albumosen, Extraktkonsistenz. Somatose, Fleischalbumose in Pulverform. — Fluidbeef, Fluidmeat, Fleischsaft Karno, in flüssiger Form mit 20—30 % löslichem Eiweiß. — In Abwechslung mit diesen Fleischpräparaten können Eiweißpräparate aus Milch: Nutrose, Plasmon (Kaseïn-Natrium), Eukasin (Kaseïn-Ammoniak), alle in Pulverform; oder aus Getreide: Roborat, Aleuronat, Verwendung finden; auch aus Hefe werden neuerdings eiweißreiche Präparate hergestellt.

Sobald als möglich sollte dem Rekonvaleszenten bzw. Kranken statt dieser für längere Zeit sehr ungern genossenen und übermäßig teueren Präparate, festes aber fein verteiltes, gebratenes oder gekochtes Fleisch, in der Suppe suspendiert, gereicht werden. — Nicht zu vergessen ist, daß es im Anfang der Rekonvaleszenz weniger darauf ankommt, größere Mengen Eiweiß zuzuführen, als vielmehr Kohlehydrate (s. S. 170).

Anhang. Eier. Eier bieten eine sehr eiweißreiche Nahrung, die auch gut ausgenutzt wird, das Eiweiß zu 97 %, das Fett zu 95 %. Am leichtesten verdaulich sind sie in feinster Zerteilung als Emulsion in Suppe, Bier usw., ferner weich gekocht und gut zerkleinert. Hart gekochte Eier sind schwerer verdaulich, weil der Magensaft nur sehr langsam die Koagula durchdringen kann. Empfindliche Individuen und namentlich Kinder vertragen die Eier oft schlecht, höchstens im rohen Zustande in Form der Emulsion. — Der Nährwert der Eier wird vielfach überschätzt. Das genossene Quantum ist für gewöhnlich zu gering. Ein Ei hat etwa 50 g Inhalt, darin 19 g Dotter und 31 g Eiweiß. In den 19 g Dotter sind 3 g Eiweiß und 5 g Fett enthalten, außerdem 2 g Lecithin, Nuklein usw. In den 31 g Eiweiß sind 27 g Wasser und nur 4 g Eiweiß. Zusammen liefert also ein Ei tewa 7 g Eiweiß und 5 g Fett an Nährstoffen, außerdem relativ viel Eisen.

Beim Aufbewahren von Eiern tritt Wasserverlust ein. Daher sinken sie später in 10%iger Kochsalzlösung unter (Eierprobe). Konservierbar sind sie durch Einlegen in Kalkwasser, wobei die Poren durch kohlensauren Kalk verschlossen werden, oder Garantollösung (hauptsächlich Kalkwasser), oder in 10 % Wasserglas, oder durch Bestreichen mit Fett, Vaselin usw. Im Handel existieren Konserven von Albumin, die vielfach technische Verwendung finden; ferner Eierpulver und Eidotterpulver, die meist Borsäure enthalten, sich nur langsam im Wasser lösen und leicht ranzig werden.

Literatur: Schneidemühl, Die animalischen Nahrungsmittel, Wien und Berlin, 1903. — Ostertag, Handbuch der Fleischbeschau, 5. Aufl. 1904. — Osthoff, Schlachthöfe und Viehmärkte. Weyls Handbuch der Hygiene VI, 1. 1894. — Edelmann, Lehrb. der Fleischhygiene, 3. Aufl. 1914. — v. Leyden, Handbuch der Ernährungstherapie und Diätetik, Leipzig 1897. Teil 1. — Hübener, Fleischvergiftungen, Jena, 1910. — Hahn, Über Gefrierfleisch, Zeitschr. f. Medizinalbeamte, 1913. III.

5. Vegetabilische Nahrungsmittel.

a) Getreide, Mehl, Brot.

An den Getreidekörnern ist die Fruchthülle und der Kern zu unterscheiden; von außen nach innen folgt auf eine Reihe von Zelluloseschichten, deren Struktur aus Fig. 39 zu ersehen ist, die an Aleuroneiweiß reiche aber keinen Kleber enthaltende sogenannte Kleberschicht, besser Aleuronschicht, dann der kleberhaltige Mehlkern mit reichlichen Stärkezellen. Knetet man das Mehl des Mehlkerns im Seihtuch unter Wasser, so bleibt der Kleber als fadenziehende Masse zurück. Die ganzen Körner enthalten im Mittel 14 % Wasser und 86 % feste Teile, unter letzteren 11 % Eiweißstoffe, 2 % Fett, 67 % Stärke. Vor dem Vermahlen sind die Getreidekörner zunächst durch Reinigungsmaschinen von außen anhaftendem Schmutz und Beimengungen, Staub und Brandsporen, Spreu und Stroh, Unkrautsamen usw. zu befreien. Sodann sind sie durch Schälmaschinen von der wertlosen bzw. störenden Hülse, Frucht- und Samenhaut, zu befreien (Dekortikation). Durch das Mahlen wird dann das Korn in zwei oder mehr Anteile zerlegt; die Aleuronschichten sind zäher und elastischer, während der spröde Mehlkern leicht in Pulver zerfällt. Der vorzugsweise aus Stärke und wenig Eiweiß bestehende Kern kann daher von jenen nur grob zerkleinerten, eiweißreichen Teilen der Hülle durch Beuteln oder Sieben getrennt werden. Die äußeren Partien des Kerns sind außerdem grau gefärbt; das Mehl wird daher um so dunkler und gröber, je mehr es von den äußeren Schichten enthält. Bei der sogenannten Hoch- und Griesmüllerei, wo die Walzen bzw. Steine anfänglich weit voneinander stehen und allmählich einander genähert werden, bekommt man die meisten Sorten und zu Anfang die feinsten Mehle; bei der Flachmüllerei stehen die Steine von Anfang an nahe und durch die sogleich einsetzende gewaltsame Zerkleinerung wird die Schale zum Teil in feine Splitter zerteilt, die sich dem Mehl beimengen und ihm eine graue Farbe geben.

Die verschiedenen Getreide und die verschiedenen Mehlsorten aus dem gleichen Getreide zeigen relativ geringe Differenzen in der chemischen Zusammensetzung. Die gröberen Sorten und die Kleie enthalten aus den oben angeführten Gründen analytisch die größte Eiweißmenge.

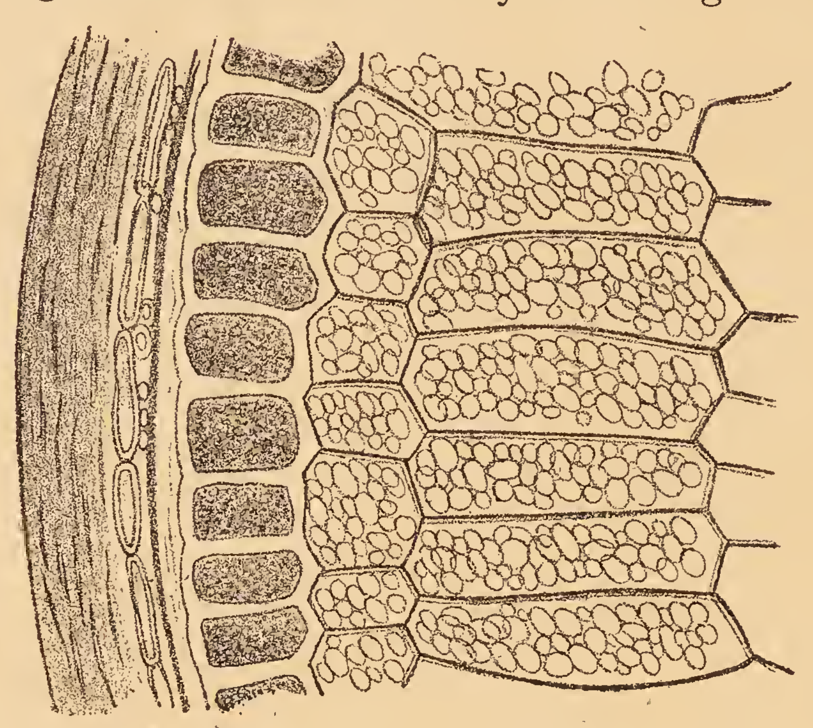


Fig. 39. Querschnitt durch ein Weizenkorn, 150:1.

Dies Plus von Eiweißstoffen ist indes nach den zahlreichen Versuchen von Rubner, Plagge und Lebbin, Neumann u. a. zum großen Teil nicht ausnutzbar; die Zellulosehüllen der Kleberschicht sind schwer durchdringlich, ihre Zutat verringert außerdem noch die Ausnutzung der übrigen Nährstoffe, und die Kotmenge steigt bei gleichem Konsum bedeutend an (vgl. die folg. Tabelle).

	In 100 Teilen		Kotmenge pro Tag, trocken
	Eiweiß	nutzbares Eiweiß	
Weizenbrot	7	5,6	25 g
Roggenbrot, 60 % Ausmahlung . .	6	4,5	30 „
„ 82 % „ . .	7,3	4,7	41 „
Vollkornbrot	7,6	4,5	76 „

Das Mehl ist im rohen Zustande schwer verdaulich; es müssen vorerst die Hüllen der Stärkekörner gesprengt, die Stärke zum Quellen und zur Kleister- oder Dextrinbildung gebracht werden. Ferner muß das Eiweiß in den geronnenen Zustand übergehen. Es gelingt dies alles z. B. durch Erhitzen des Mehls mit Wasser. So lassen sich Suppen und Breie bereiten, die aber relativ wenig feste Substanz enthalten, außer beim Reis, in dem leicht die ganze Tagesration von Kohlehydraten geliefert werden kann. Zu Suppen verwendet man zweckmäßig Mehlpräparate wie Nudeln und Makkaroni; oder Sago (Reis- und Maisstärke), Graupen (kugelförmig gemahlene Gersten- und Weizenkörner), Gries (vermahlener Weizen), Grütze (geschälte und geschrotete Körner

von Hafer, Buchweizen u. dgl.). Sie liefern in einer Portion zu 300 g nur 80 bis 150 Kalorien, Breie in einer Portion zu 200 g etwa das doppelte, sie sättigen nur vorübergehend und täuschen durch das große Volum eine ausreichende Ernährung vor. Versucht man einen gehaltreicheren Teig aus Mehl und Wasser herzustellen, so resultiert eine kompakte, schwer verdauliche Masse; ein solcher wird erst brauchbar, nachdem er bei der Brotbereitung porös und locker geworden ist.

Die Lockerung läßt sich erreichen durch im Innern desselben entwickelte Gase, und zwar deshalb, weil der Teig stark zusammenbäckt, so daß die Gase nicht glatt entweichen, sondern die zähe Masse nur auseinandertreiben. Kleberfreie, nicht backende Mehle sind zur Brotbereitung ungeeignet.

Das Gas kann bei sehr zäher Masse Wasserdampf sein. Meist benutzt man Kohlensäure, die entweder aus mineralischem Material entwickelt wird, z. B. Natron bicarbonicum + Salzsäure; oder Liebig-Horsfords Backmehl, bestehend aus saurem Kalziumphosphat und Natrium bicarb.; oder Natr. bicarb. + Weinsäure, oder Ammoniumkarbonat (Hirschhornsalz). Es kann auch die aus Mineralien entwickelte Kohlensäure durch Maschinen, welchen außerdem die ganze Bereitung des Teiges obliegt, in das zum Backen verwendete Wasser und somit in den Teig eingepreßt werden (Dauglischs Verfahren).

Gewöhnlich benützt man Hefe oder Sauerteig, erstere in Form der Preßhefe, oft mit zahlreichen Bakterien verunreinigt. Der Sauerteig stellt eine noch unreinere, meist vorwiegend aus Spaltpilzen bestehende Hefe dar, die von einem Backtermin zum andern aufbewahrt wird. Beide werden in folgender Weise verwendet: 100 Teile Mehl werden mit 80 Teilen Wasser von 42° angemengt, so daß der Teig eine Temperatur von 33° zeigt. Es kommt dann zunächst ein in den Getreidekörnern enthaltenes diastatisches Ferment, Zerealin, zur Wirkung, welches die Stärke teilweise in Dextrin und Maltose überführt. Durch Zumengen der Hefe bzw. des Sauerteiges wird nun die Maltose in Gärung versetzt, es entsteht reichlich Kohlensäure, daneben Alkohol und verschiedene andere Produkte. Vorzugsweise scheint bei dieser Gärung Hefe beteiligt zu sein; von Spaltpilzen namentlich der durch starke CO_2-Bildung ausgezeichnete, zur Koli-Gruppe gehörige Bac. levans. Nebenbei entsteht, am reichlichsten beim Sauerteig, Essigsäure und Milchsäure. — In 2—12 Stunden ist der Teig aufgegangen; er wird dann bei 200—270° 30—80 Minuten lang gebacken.

Beim Backen des Brotes verdunstet ein Teil des zugefügten Wassers, so daß aus 100 Teilen Mehl 120—125 Teile Brot hervorgehen. Ferner geht durch die Gärung 1—2 % der festen Substanz verloren. Die Fermente werden durch die Backhitze vollständig unwirksam gemacht, die Bakterien mit Ausnahme widerstandsfähiger Sporen abgetötet. Die Stärke und die Eiweißkörper sind nach dem Backen wesentlich verändert, erstere zum Teil in Kleister, teils in Dextrin und Gummi verwandelt; das Pflanzenalbumin und der Kleber ist in den geronnenen unlöslichen Zustand übergeführt. Auf der äußeren Kruste entsteht aus dem Dextrin das angenehm schmeckende Röstbitter. Dabei bildet das Brot eine

poröse, lockere Masse, die den Verdauungssäften eine große Angriffsfläche bietet.

Der Grad der Lockerung ist sehr wichtig für die Verdaulichkeit. Man kann ihn bestimmen nach dem Volumgewicht des Brotes. Da das spezifische Gewicht der festen Masse des Brotes stets das gleiche ist, braucht nur das Volum eines gewogenen Stücks in einem mit Rübsen, Maismehl oder dgl. gefüllten Gefäß ermittelt zu werden, um das Volumgewicht des Brots einschließlich der Poren zu erhalten. Letzteres beträgt z. B. bei Pumpernickel 1,0, K-Brot 0,66, Graubrot 0,41, Semmel 0,34, feinem Weizenbrot 0,29; der Porengehalt ist also bei den feinsten Sorten Mehl am höchsten und dementsprechend auch die Leichtverdaulichkeit.

Trotz durchschnittlich guten Porenvolums können aber Ungleichmäßigkeiten und schliffige, schlecht zugängliche Stellen vorhanden sein. Um dies zu erkennen, überfährt man nach Mohs die Schnittfläche des Brotes mit einer Öl-Rußmischung und druckt auf ungeleimtem Papier ab. Gute Brote geben auf diesen Bildern gleichmäßige große Poren. — Auch der Säuregehalt des Brotes, vielleicht auch noch der Gehalt an Pektinstoffen und an lebensfähigen Sporen der Buttersäurebazillen, spielen bei der Leichtverdaulichkeit eine Rolle.

Roggenbrot und speziell solches aus stark ausgemahlenem Korn leistet daher nach keiner Richtung mehr als Brot aus feinem Weizenmehl. An resorbierbarem Eiweiß liefert 1 Kilo von letzterem etwas mehr, als 1 Kilo grobes Roggenbrot; die Menge Stärke und Kalorien ist bei beiden Sorten ungefähr gleich. Von Kalksalzen enthält grobes ein geringes Mehr, das aber durch kleine Mengen Gemüse leicht ausgeglichen wird. Ein Vitamingehalt der äußeren Getreidekornschichten wird behauptet, ist aber nicht erwiesen. Allerdings scheinen die Eiweißstoffe des Mehlkerns, Gliadin und Glutamin, zu den „unvollständigen" Eiweißstoffen zu gehören, die der „Ergänzungsstoffe" bedürfen (Röhmann); aber letztere sind vermutlich nicht nur in den Lysin liefernden Stoffen der äußeren Kornschichten gegeben, sondern auch in manchen anderen Nahrungsmitteln, wie sie in der gewöhnlichen gemischten Kost stets eingeführt werden. — Nimmt man dazu die Erfahrung, daß die meisten großen Kulturvölker ausschließlich feines Weizenbrot genießen, so kann man nur folgern, daß dem groben Roggenbrot keineswegs hygienische Vorteile anhaften, abgesehen vielleicht von den Ausnahmefällen, wo der Darm eines kräftigen Reizes durch die unverdaulichen Kleiebestandteile bedarf.

Nicht zu übersehen ist, daß in Notzeiten, wie während der Kriegs- und Valutablockade, die starke Ausmahlung des Korns (bis 94% !) irrationell ist, weil dadurch keine Vermehrung der resorbierbaren Nährstoffe erzielt wird, weil aber andererseits die Kleie von Milchkühen vollkommen ausgenutzt werden kann und für diese ein sehr wichtiges Kraftfutter darstellt. Mit dem Mehrertrag an Brot bei stärkerer Ausmahlung des Kornes geben wir uns daher nur einer verhängnisvollen Selbsttäuschung hin.

Zahlreiche, aber durchweg ergebnislose Versuche zielten darauf ab, die schwerlöslichen Zellen der Aleuronschicht auszuschließen und das

darin enthaltene Eiweiß der Ausnutzung in dem menschlichen Darm zugänglich zu machen.

Zuerst versuchte Finkler, die Kleie naß, unter Zusatz von etwas Kochsalz und Kalk, zu vermahlen, zwischen Walzen, die rollende und schiebende Bewegungen machen. Das Verfahren war aber umständlich und teuer. — Schlüter schlägt vor, Mehl und Kleie im Autoklaven bei 60° vorzuwärmen und dann auf 100° zu erhitzen; die gekochte Kleie soll zwischen heißen Walzen getrocknet und neu vermahlen werden. Klopfer erreicht nach sorgfältiger Reinigung durch Schleudern gegen gehitzte Prallflächen eine feinste Zertrümmerung, die sich angeblich auch auf die Aleuronzellen erstrecken soll. Eine direkte Teigbereitung aus dem Korn ohne Vermahlen streben die Verfahren von Gelinck, Simons u. a. an. Diesen Verfahren schließt sich neuerdings das Groß verfahren an, nach welchem das sog. Growitt-Vollkornbrot hergestellt wird. Hier wird nach sorgfältiger Waschung das Korn von der zellulosereichen Fruchthaut befreit und dann feucht durch ein System von Walzen geschickt; das homogene, äußerst fein zerkleinerte Mahlgut wird sofort mit Sauerteig angesetzt und in der üblichen Weise verbacken. Der ganze Prozeß vom Waschen des Korns bis zum Fertigstellen des Brotes dauert nur 3—4 Stunden. — Daß eine wesentlich bessere Ausbeutung von Eiweiß durch eines dieser Verfahren erzielt werde, konnte durch Stoffwechselversuche (Neumann, Rubner) nicht erwiesen werden. Wohl aber bietet das Groß-Verfahren wirtschaftlich Vorteile dadurch, daß das Mahlen ganz vermieden wird, und daß die Körner sich leichter aufbewahren lassen als das Mehl. Außerdem ist die Kleie in dem Groß-Brot in eine Form übergeführt, die auch bei empfindlichem Darm keine Belästigung hervorruft, und dabei werden doch die kräftigen und von vielen geschätzten Geschmacksreize eines Vollkornbrotes geboten.

Zusätze zum Brot, in der Absicht, die Mehlvorräte zu „strecken“, sind in der Kriegszeit zahlreich empfohlen und versucht. Bewährt hat sich nur der Zusatz von 10—20 % Kartoffelmehl, der seit langem in manchen Gegenden aus freien Stücken geschieht und ein schmackhaftes, im Nährwert dem reinen Brot nur sehr wenig nachstehendes, etwas wasserreicheres und langsamer austrocknendes Brot liefert.

Zusatz von Stroh- und Holzmehl setzt die Ausnutzbarkeit der Nährstoffe herab und führt nur zu einer Verschlechterung des Brotes. Zuckerzusatz (5 %) wird auf die Dauer als den Geschmack beeinträchtigend empfunden. — Um das Brot eiweißreicher zu machen, sind Zusätze von Aleuronatmehl (Abfallprodukt bei der Fabrikation von Weizenstärke) Blut, Fleischmehl, Quarkkäse usw. versucht. Alle diese Zusätze sind mit erheblichen Änderungen des Geschmacks und des Aussehens verbunden, die gerade bei Brot von der ärmeren Bevölkerung mit größtem Mißtrauen angesehen werden, und haben schon deshalb keine Aussicht auf ausgedehntere Anwendung.

Beim Liegen wird das Brot rasch altbacken. Diese Änderung ist etwa nicht durch Wasserverlust bedingt. Denn wenn man solches Brot auf 70° erwärmt, wird es wieder frischem Brot ähnlich. Wahrscheinlich gibt beim Anwärmen der noch wasserhaltig gebliebene Kleber einen Teil des Wassers an die rascher

ausgetrockneten und hart gewordenen Stärkekörner ab. Lagert das Brot längere Zeit und sinkt der Wassergehalt unter 30 %, dann gelingt es nicht mehr, dasselbe durch Erwärmen wieder frischbacken zu machen.

Anomalien und Fälschungen des Mehls und des Brotes. In Betracht kommen vorzugsweise

1. Pilze des Getreides: Claviceps purpurea, der Mutterkornpilz.

Siedelt sich in den Blüten von Roggen, Gerste und Weizen an und bildet dort zunächst ein Konidien tragendes Myzel, das sich allmählich in ein schwarzes, 1—3 cm langes und hornartig aus der Ähre hervorragendes Sklerotium umwandelt. Dieses Sklerotium keimt im Frühjahr auf feuchtem Boden und entwickelt kleine gestielte, rote Köpfchen, an deren Oberfläche Perithezien mit Sporen eingesenkt sind.

Das Sklerotium (secale cornutum genannt) gelangt leicht mit ins Korn und in Mehl und Brot. Der anhaltende Genuß solchen Brotes kann die Kriebelkrankheit oder den Ergotismus hervorrufen, der auf einer Intoxikation durch die im Mutterkorn enthaltenen Gifte, Cornutin und Sphacelinsäure, beruht. Entweder treten nervöse Erscheinungen, Anfänge von Anästhesie an Fingern und Zehen, auch wohl Kontrakturen, Lähmungen, sensorielle Störungen in den Vordergrund, oder aber es werden die Zehen und Füße, seltener die Finger von trockener Gangrän befallen.

Nachweis des Mutterkorns. Die Farbe des Mehls ist grauer als gewöhnlich, oft zeigt es violette Flecke. Beim Versetzen mit Kalilauge und Erwärmen tritt Geruch nach Trimethylamin auf. — Ferner ist im Mutterkorn ein Farbstoff enthalten, der in saurem Alkohol oder Äther löslich ist. 10 g Mehl werden mit 15 g Äther und 20 Tropfen verdünnter Schwefelsäure geschüttelt, filtriert und mit einigen Tropfen gesättigter Lösung von Natron bicarb. versetzt, welche allen Farbstoff aufnimmt.

Brandpilze, Ustilago carbo, Tilletia caries usw. lassen an Stelle der Getreidekörner schwarze klebrige und staubige Massen von Sporen auftreten, die sich dem Mehl beimengen können; für Menschen ungefährlich.

Von Unkrautsamen sind Taumellolch und Kornrade bedenklich, weil sie Intoxikationserscheinungen, namentlich narkotische Symptome, hervorrufen können. Wachtelweizen und Rhinantusarten sind ungiftig, bewirken aber grünblaue Färbung des Brotes. Der Farbstoff ist mit saurem Alkohol extrahierbar.

2. Bei unzweckmäßiger, feuchter Aufbewahrung der Körner und des Mehls können erstere keimen, letzteres faulen. Der Kleber geht dann durch Fermentwirkung in eine lösliche Modifikation über und das Mehl ist nicht mehr backfähig. — Schlechte Aufbewahrung des Brotes führt zur Verschimmelung oder zur Entwicklung von Bakterien, gelegentlich z. B. des Bacillus prodigiosus.

3. Zusätze. Das Mehl wird zuweilen mit Gips oder Schwerspat versetzt; ferner mit Alaun und Kupfersulfat zur Aufbesserung der Farbe und zum Einteigen eines feucht aufbewahrten, nicht mehr bindenden Mehles. Die ersteren werden durch Schütteln des Mehles mit Chloroform und Wasser als Absatz auf dem Boden des Glases erkannt; Alaun und Kupfersulfat durch die Aschenanalyse.

— Weit häufiger kommt eine Beimengung des billigeren Kartoffelmehls zu Weizen- oder Roggenmehl vor, nachweisbar durch das sehr charakteristische mikroskopische Bild der Stärkekörner (s. Fig. 40).

4. Blei- und Zinkvergiftungen mittels Brot sind zuweilen dadurch vorgekommen, daß Fehlstellen der Mühlsteine mit Blei ausgegossen waren; oder daß zum Heizen des Backofens ein mit Bleiweiß gestrichenes, bzw. mit Zinkvitriol imprägniertes Holz (Bahnschwellen) benutzt war.

5. Verbreitete Gastrizismen sind beobachtet infolge des Genusses von Brot (Milch- und Franzbrötchen), das sog. Brotöl enthielt. Um das Ankleben zu



Fig. 40. Stärkekörner. 350 : 1. *a* Weizen. *b* Roggen. *c* Gerste. *d* Hafer. *e* Reis. *f* Kartoffel

hindern, werden die Backbleche und die einzelnen Brote mit Butter, Schmalz, Margarine oder dgl. bestrichen. Jetzt wird dazu ein billigeres „Mineralöl" empfohlen, das aus den bei 300° nicht flüchtigen Petroleumrückständen bereitet ist. Schon 1 g desselben ruft Brechen, Durchfall, Gliederschmerzen usw. hervor. Die Verwendung verrät sich meist durch Geruch der Brote nach Petroleum (Dunbar).

Konditorwaren rufen nicht selten durch giftige Farben Gesundheitsstörungen hervor. Giftig bzw. ungiftig sind folgende Farben (deren Namen im Handel übrigens oft wechseln):

Gelb. Giftig: Chromgelb (Blei, Chrom); Ultramaringelb (Barium, Chrom); Kasseler Gelb (Blei); Neapelgelb (Blei, Antimon); Auripigment (Arsen); Pikrinsäure; Gummigutt. — Ungiftig: Saffran, Safflor; Curcuma; Ringelblumen; Gelbbeeren.

Grün. Giftig: Schweinfurter-, Neuwieder-, Bremer-, Wienergrün, Scheeles Grün (enthalten sämtlich Arsen, Kupfer usw.). — Ungiftig: Mischungen von Blau und Gelb; Spinatsaft.

Braun. Giftig: Sepia, Terrasiena (zuw. Arsen). — Ungiftig: Gebrannter Zucker; Lakritzensaft.

Rot. Giftig: Zinnober (Quecksilber); Chromrot (Quecksilber und Chrom); Mennige (Blei); Anilinfarben. — Ungiftig: Kochenille; Karmin; Krapprot; Saft von roten Rüben und Kirschen.

Blau. Giftig: Bergblau (Kupfer); Thenardblau (Arsen); Smalte (Arsen). — Ungiftig: Indigolösung; Lackmus; Saftblau.

Weiß. Giftig: Bleiweiß; Zinkweiß. — Ungiftig: Feinste Mehle; Stärke.

Schwarz. Giftig: Spiesglanz (Antimon). — Ungiftig: Chinesische Tusche.

b) Reis und Mais.

Reis enthält 8 % Eiweiß (zu 80 % ausnutzbar), Spuren von Fett, 76 % Kohlehydrate. Letztere sind sehr gut ausnutzbar. Vielfache Zubereitungsweisen; namentlich Risotto mit Zusatz von geriebenem Käse.

In China, Indien, Japan fast ausschließliches Nahrungsmittel des Volkes. In solchen Ländern ist Beri-beri verbreitet, eine chronisch verlaufende Polyneuritis, die zu Sensibilitätsstörungen, Muskelatrophien, Hydrops, kardialen Störungen führt. Bei ausschließlicher Ernährung mit Reis (oder Mais) lassen sich bei Hühnern, Meerschweinchen, Kaninchen ähnliche Krankheitsbilder erzeugen. Neuerdings ist die Ursache im Fehlen eines Vitamins im vollständig geschälten, vom sog. Silberhäutchen befreiten Reis ermittelt (s. S. 164).

Mais enthält 10 % Eiweiß, 4,6 % Fett, 68 % Kohlehydrate; in Italien, Türkei, Ägypten usw. Volksnahrungsmittel als Polenta (mit geriebenem Käse).

An den Genuß von Mais geknüpft hielt man bisher die Pellagra, eine Krankheit, die seit dem vorigen Jahrhundert in Italien, Spanien, dem südlichen Frankreich, Rumänien usw. endemisch ist. Sie ist dadurch charakterisiert, daß im Frühjahr eine Art Erythem auftritt und daneben eine Reihe von leichten nervösen Erscheinungen. Zum Herbst bessert sich der Zustand; im nächsten Frühjahr aber rezidiviert die Hautaffektion und die nervösen Symptome werden schwerer, es bilden sich Sehstörungen, Paresen, Krämpfe, Hyper- und Anästhesien, oft auch psychische Störungen aus; daneben bestehen vielfach schwere Verdauungsstörungen. Die Krankheit zieht sich mit steter Steigerung der Symptome durch mehrere Jahre hin und endet gewöhnlich tödlich. In Italien werden zurzeit über 100 000 mit Pellagra Behaftete gezählt. — Die Krankheit wurde früher auf Parasiten des Mais, oder auf den Genuß des schnell verderbenden Mais und eines mit diesem aufgenommenen Giftes, oder auf das Fehlen bestimmter Vitamine bei ausschließlicher Maisnahrung zurückgeführt. Vor einigen Jahren ist die Krankheit im Süden der Vereinigten Staaten aufgetreten, und hier wird sie auf Grund neuerer Forschungen für eine Infektionskrankheit gehalten, die vom Kranken auf Gesunde verbreitet wird, unabhängig vom Maisgenuß, vielleicht unter Mitwirkung von übertragenden Insekten (Stomoxys calcitrans?)

c) Leguminosen.

Dieselben sind ausgezeichnet durch reichlichen Eiweißgehalt (23 bis 28 %); jedoch fehlt ihnen der Kleber, und deshalb ist eine Brotbereitung nicht möglich, sondern sie sind nur mit sehr viel Wasser entweder in Suppenform mit 90 % Wasser, oder in Breiform mit 70—75 % Wasser genießbar. Infolgedessen können die Leguminosen niemals in großer Menge dauernd aufgenommen werden. — Ferner kommt in Betracht die schlechte Ausnutzung (das Eiweiß zu 50—70 %), welche um so ungünstiger wird, je größer das genossene Quantum ist. Die übertriebene Empfehlung der Leguminosen als Volksnahrungsmittel berücksichtigt zu einseitig die Ergebnisse der chemischen Analyse. — Die präparierten Mehle aus Leguminosen sind besser ausnutzbar (Eiweiß zu 85 %) und leichter verdaulich; ebenso japanische unter Zuhilfenahme von Gärungen hergestellte Präparate. — Die Sojabohne enthält außer 33 % Eiweiß noch 17 % Fett; die damit bereiteten chinesischen und japanischen Nationalgerichte haben daher sehr hohen Nährwert.

d) Kartoffeln.

Auf Grund ihres geringen Eiweißgehaltes sind die Kartoffeln vielfach angegriffen und als Nährmittel in Mißkredit gebracht, jedoch mit Unrecht. Man betonte eben früher zu sehr den Wert der Eiweißstoffe für die Ernährung, während Fett und Kohlehydrate geradeso gut notwendige Nährstoffe sind. Zur Lieferung von Kalorien sind die Kartoffeln vorzüglich geeignet; der Körper setzt sich sogar bei Kartoffelnahrung mit viel geringerer Eiweißzufuhr ins Gleichgewicht als z. B. bei Brotnahrung. Wollte man den Wert der Kartoffeln allein nach der Eiweißlieferung beurteilen, so wäre das nicht anders, als wenn man den Wert des Fleisches nach den in demselben vorhandenen Kohlehydraten beurteilen wollte. — Die Ausnutzung der Eiweißstoffe beziffert sich auf 70, die der Kohlehydrate auf 90 %. Die Kartoffeln sind mit Recht ein so beliebtes Nahrungsmittel, weil sie sehr gute, selbst bei häufigerer Wiederholung keinen Widerwillen erregende Geschmacksreize bieten, vielfache Verwendungsarten gestatten und außerdem die Kohlehydrate für verhältnismäßig sehr billigen Preis liefern (s. S. 185). Es ist daher durchaus rationell, wenn man den Nahrungsbedarf neben dem nötigen Eiweiß (namentlich neben einem gewissen Quantum animalischer Nahrung) wesentlich mit Kartoffeln deckt. Nur bei einem Fehlen sonstiger Eiweißzufuhr und ausschließlicher Kartoffelnahrung treten Ernährungsstörungen auf.

Beim Aufbewahren der Kartoffeln sind verschiedene Vorsichtsmaßregeln anzuwenden. Die rohe Kartoffel verliert beim Lagern etwa 10 % an Gewicht, teils

durch Wasserverdunstung, teils durch Veratmung von Kohlehydraten unter Bildung von CO_2; am geringsten ist dieser „Schwund“ in dunkelen, kühlen Räumen (Mieten). Unter 0° sistiert die Atmung, der Zuckergehalt wird gesteigert und es tritt leichter Fäulnis ein. Bei größerer Wärme wird die Keimung befördert, und in den gekeimten Kartoffeln findet sich das giftige Solanin; und zwar entsteht dieses nach neueren Untersuchungen durch bestimmte Bakterien, die in den grauen und schwärzlichen Stellen gekeimter und verdorbener Kartoffeln sich reichlich vorfinden.

Diese Verluste an den geernteten Kartoffeln werden vermieden durch das Trocknen in den Kartoffeltrocknereien. Hier erfolgt zunächst ein Kochen in überhitztem Dampf; dann ein Pressen zwischen eisernen Walzen zu papierdünner Schicht. Durch Abstreifen wird die verkleisterte Masse in Flockenform entfernt, dann vermahlen und nach Möglichkeit von den Schalen befreit (Kartoffelwalzmehl).

Selbst in gekochten Kartoffeln, die behufs Herstellung von Kartoffelsalat längere Zeit gestanden haben, können durch Bakterienwucherung Toxine entstehen; vor allem aber können Typhusbazillen, die von einem mit dem Schneiden der Kartoffeln beschäftigten Bazillenträger herrühren (s. Kap. X). auf den über Nacht aufbewahrten Kartoffeln wuchern und durch den daraus bereiteten Salat ausgedehnte Erkrankungen hervorrufen.

e) Die übrigen Gemüse

sind uns wertvoll durch ihre Geschmacksreize, durch ihr großes Volum, das Sättigung herbeiführt, und durch die Anregung der Darmperistaltik. Außerdem führen sie dem Körper größere Mengen Salze zu, die grünen Gemüse insbesondere Eisen. Sie verdienen deshalb volle Berücksichtigung in der Kost, wenn auch ihr sonstiger Nährwert durchweg unbedeutend ist.

Über die Zusammensetzung und Ausnutzbarkeit der Zellmembran s. S. 175. Der Anteil an Zellmembran ist in der menschlichen Nahrung nicht erheblich. In gemischter Kost sind pro Tag 30—50g enthalten; davon werden im Mittel 25 g resorbiert, also knapp 4% der Gesamtkalorien der Nahrungszufuhr. — Auch ist zu berücksichtigen, daß infolge des großen Volums der fertigen Speisen bei Gemüsen und Obst die Aufnahmefähigkeit sehr beschränkt ist. So können z. B. aus Wirsingkohl höchstens 500 Kalorien, aus Kohlrüben 700, aufgenommen werden; bei ausschließlichem Genuß von Äpfeln 1600 Kalorien (Rubner).

Auch die Pilze enthalten im frischen Zustand nur 2—3 % Eiweiß, werden überdies schlecht ausgenützt und sind also ähnlich wie die übrigen Vegetabilien zu beurteilen. Ein Konservieren der Gemüse gelingt teils durch Trocknen und Pressen (Massonsches Verfahren, jedoch unter starkem Verlust an schmeckenden und riechenden Stoffen); oder nach dem Appertschen Verfahren in Blechbüchsen: oder in Haushaltungen in Weck-Gläsern (s. S. 177). Die Früchte zeichnen sich aus durch ihren Gehalt an löslichen Kohlehydraten und Fruchtsäuren; sie enthalten mit Ausnahme der Nüsse wenig Eiweiß, dagegen viel

Wasser, so daß sie gleichsam den Übergang zu den Getränken bilden. Durch Trocknen oder Hitze sind sie leicht haltbar zu machen.

Anomalien der Gemüse. Zu beachten ist, daß Parasiten und Infektionserreger an den Gemüsen haften können; an Salat, Kohl, Radieschen usw., Bandwurmeier; an denselben Waren und außerdem an Kartoffeln, Rüben, Wurzeln, Erdbeeren, infektiöse Bakterien aus dem gedüngten Boden. — Ferner ist durch Erkrankung der Verkäufer (Grünkramkeller) die Übertragung von Kontagien auf vegetabilische Nahrungsmittel möglich; ebenso durch Besprengen mit verdächtigem Wasser (Rinnsteinwasser). Es ist daher, namentlich in Typhusgegenden, beim Rohgenuß von Gemüsen und Früchten Vorsicht angezeigt. Soviel als möglich sollten auch die Vegetabilien nur gekocht genossen werden.

Auf die Charakteristik der giftigen und der ungiftigen Pilze kann hier nicht eingegangen werden. Manche Pilze, wie z. B. die Morchel, verlieren ihre Giftigkeit, wenn man die getrockneten Pilze abbrüht und das Brühwasser weggießt.

Die durch Kochen konservierten Gemüse sind vielfach kupferhaltig; sie verlieren ohne Kupferzusatz beim Kochen die frische Farbe; diese bleibt aber, wenn während des Kochens etwas Kupfersulfat zugefügt wird; pro Kilogramm sind 25 mg genügend (Reverdissage). Um Vergiftungen herbeizuführen, ist diese Menge des Kupfers nicht bedeutend genug; trotzdem ist der Zusatz verboten und wird bestraft.

6. Genußmittel.

a) Alkoholische Getränke.

α) Bier. Durch Hefegärung ohne Destillation aus Gerstenmalz, Hopfen und Wasser hergestelltes Getränk, das sich im Stadium der Nachgärung befindet.

Gerste wird eingeweicht und in dichten Haufen bei niederer Temperatur dem Keimen unterworfen, wobei sich reichliche Mengen Diastase bilden. Nach 6—12 Tagen wird durch Trocknen an der Luft das Luftmalz, durch Trocknen auf der Darre bei 40—80° das Darrmalz hergestellt. Aus dem geschrotenen Malz wird durch Behandeln mit Wasser die Würze (Maische) gewonnen. Die Diastase bewirkt die Umwandlung der ganzen Stärke in Zucker (Maltose) und Dextrin. — Demnächst wird die Würze von den unlöslichen Bestandteilen (Treber) abgeseiht und in Kochpfannen unter Zusatz von Hopfen gekocht. Letzterer besteht aus den weiblichen unbefruchteten Blütendolden von Humulus lupulus. Unter den dachziegelförmig übereinanderliegenden Bracteen der Dolden finden sich kleine goldgelbe klebrige Kügelchen = Lupulin, die Hopfenharz (50—80 %), Hopfenbittersäure, Hopfenöl und Hopfengerbsäure, enthalten.

Beim Kochen der Würze wird diese konzentrierter, das Eiweiß wird — unter Beihilfe der Hopfengerbsäure — abgeschieden, die Diastase wird zerstört, Lupulin gelöst. — Dann wird abgeseiht und im Kühlschiff rasch gekühlt; bei zu

langsamer Kühlung erfolgt leicht Milchsäurebildung. Für obergäriges Bier wird die Würze auf 12—18°, für untergäriges auf 3—8° gekühlt. Dann wird sie in Gärbottiche gefüllt und auf 100 Liter ½ Liter Hefe (jetzt meist rein gezüchtete Hefenrassen) zugesetzt. Nach 4—12 Tagen wird auf Lagerfässer gefüllt und dort bei einer Temperatur unter 5° eine schwache Nachgärung unterhalten.

Das Bier enthält: Wasser, CO_2; Alkohol; dann die Stoffe des sog. Extraktes, Reste von Maltose und Dextrin, Pepton, Glyzerin, Milch-, Essig-, Bernsteinsäure, harzige und bittere Stoffe aus dem Hopfen; ferner Salze (besonders phosphorsaures Alkali).

Je nach der Konzentration der Würze, der Beschaffenheit des Malzes, der Anwendung der Infusion oder Dekoktion und dem Verlauf der Gärung finden sich starke Variationen der Zusammensetzung.

Zusammensetzung einiger bekannterer Biere:

	Spez. Gew.	Alkohol	Extrakt	CO_2	Eiweiß	Zucker	Asche
Münchener Spaten .	1,0207	3,23	6,61	—	—	—	—
Pilsener	1,0129	3,55	5,15	0,14	0,37	—	0,19
Bockbier	1,0213	4,74	7,20	0,22	0,62	1,25	0,26

Trotzdem sind bestimmte Anforderungen formuliert; Normales Bier soll glanzhell, vollmundig, gut moussierend sein. Der Alkoholgehalt soll 1,5—6 Gewichtsprozente, der Extrakt 2—8 % ausmachen; auf 1 Teil Alkohol sollen 1,2—1,6 Teile Extrakt kommen, am besten 1,6—1,8; Glyzerin soll höchstens zu 0,5 % vorhanden sein.

Das Bier ist vorzugsweise Genußmittel; nur bei Aufnahme großer Quantitäten kommt ein Nährwert in Betracht, indem es dann einen nicht unerheblichen Teil des Bedarfs an Kohlehydraten deckt, aber zu relativ hohem Preise, so daß es in Notzeiten wirtschaftlicher ist, die Gerste direkt zur menschlichen Ernährung zu verwenden. — Die Ausnutzung der Nährstoffe ist zweifellos eine fast vollständige. Die Magenverdauung wird durch Bier etwas verlangsamt.

Der Konsum betrug pro Kopf und Jahr 1901—05 in Deutschland 119, in England 133, in Bayern 220, in Österreich 42, in Frankreich 36 Liter.

Anomalien und Fälschungen. Im Bier liegt ein künstliches Präparat vor, das auch bei normaler Beschaffenheit in dem Alkohol und in den zur Unterhaltung der Nachgärung notwendigen Mikroorganismen differente, nicht unbedenkliche Bestandteile enthält. Schlechtes Bekommen ist daher bei empfindlichen Individuen leicht möglich, selbst wenn das Bier vollkommen gut ist. Außerdem aber kann, wenn auch gegen früher durch die Verwendung rein gezüchteter Hefen (s. Kap. X) der Brauprozeß sich besser regeln läßt, letzterer doch leicht etwas abnorm verlaufen, ohne daß darum eine Fälschung vorliegt; und solches Bier kann

bei vielen Menschen Störungen hervorrufen. So z. B. führt ein etwas höherer Gehalt an Hopfenharz, der sich namentlich im Jungbier findet, zu heftiger und schmerzhafter Reizung der Blase; Bestreuen des Bieres mit etwas gepulverter Muskatnuß schützt erfahrungsgemäß gegen diese Affektion.

Im allgemeinen ist daher ein gewisses Risiko mit dem Genuß dieses Präparates immer verbunden. Zweifellos führen aber Anomalien und Fälschungen des Bieres viel leichter zu Störungen der Gesundheit wie normales Bier, und erfordern daher auch vom hygienischen Standpunkt eine gewisse Berücksichtigung.

Als billigere Surrogate werden verwendet: Stärke oder Stärkezucker statt des Malzes; Pikrinsäure, Enzian, Wermut, Colchizin, Quassia usw. anstatt des Hopfens; Glyzerin zur künstlichen Herstellung der Vollmundigkeit des Bieres; Alaun oder Schwefelsäure zur künstlichen Klärung trüben Bieres. Alle diese Surrogate sind teils giftig, teils täuschen sie für schlechte und nicht haltbare Präparate eine gute Beschaffenheit vor.

Bei schlechter Aufbewahrung und unreinlichem Betrieb entstehen ferner abnorme Gärungen (hefetrübe und bakterientrübe Biere), die zu Verdauungsstörungen Anlaß geben. — Sauer gewordenes Bier wird wohl mit kohlensaurem Alkali versetzt, um das äußere Symptom des sauren Geschmacks zu korrigieren. — Ferner wird schlecht haltbarem Bier saurer schwefligsaurer Kalk bzw. Salizylsäure zugesetzt. Beide wirken in den in Frage kommenden Dosen nicht schädlich, verdecken aber die Minderwertigkeit des Präparates, ohne daß der Entwicklung schädigender Mikroorganismen entsprechend vorgebeugt wird.

Versandbiere werden durch Pasteurisieren haltbar gemacht. — Dunkle Biere sind oft mit Zuckercouleur gefärbt, in manchen Gegenden mit Wissen und Willen des Publikums.

Nachweis der Anomalien des Bieres. Die normale Beschaffenheit des Bieres wird vor allem durch Bestimmung des spezifischen Gewichts, der Alkohol- und der Extraktmengen ermittelt. — Das spezifische Gewicht des durch Schütteln im offenen Kölbchen von der CO_2 befreiten Bieres wird im Pyknometer oder mit der Westphalschen Wage bestimmt. Der Alkohol durch Destillation von 75 ccm mit Alkali neutralisierten Bieres, bis 50 ccm abdestelliert sind, die direkt ins Pyknometer einfließen; durch Wägung in letzterem erhält man die Gewichtsprozente Alkohol mit Hilfe von Tabellen. — Zur Extraktbestimmung werden 5 g Bier in einer Trockenente im Ölbad 3 Stunden auf 85° im trockenen Luftstrom erwärmt, dann 4 Stunden über SO_4H_2 getrocknet. — Oder indirekt nach Balling: 100 ccm Bier werden auf dem Wasserbad zur Hälfte eingedampft zur Verjagung des Alkohols, dann mit Wasser aufgefüllt und wieder das spezifische Gewicht bestimmt.

Die einzelnen Bestandteile des Extrakts, namentlich das Glyzerin, sind nur schwierig zu ermitteln. Am einfachsten ist noch die Phosphorsäurebestimmung, die durch direkte Titrierung mit Uranlösung, wie im Harn, geschehen kann und oft Aufschluß über Verwendung von Malzsurrogaten gibt. — Der Säure-

grad des Bieres wird durch Titrieren mit ¹/₁₀ Normal-Natronlauge bestimmt, nachdem die CO_2 durch Erwärmen entfernt ist.

Stärkezucker ist nachweisbar mit Hilfe der Dialyse des Bieres durch Pergament; das Dextrin bleibt zurück, das Amylin, die unvergärbare, rechtsdrehenden Bestandteile des Stärkezuckers gehen durch; es wird dann mit Hefe vergoren und im Polarisationsapparat geprüft.

Die Hopfensurrogate sind nur durch kompliziertes Verfahren nachweisbar. Salizylsäure wird durch Ausschütteln des Bieres mit Äther, Verdampfen und Prüfen mit Eisenchlorid erkannt.

Das Ausschänken des Bieres geschieht vielfach mittels der Bierdruckapparate. Diese benutzen entweder Luft zur Pression; indes wird das Bier rasch schal, und die Entnahmestelle für die Luft ist oft nicht einwandfrei. Besser ist die jetzt verbreitete Sitte, Zylinder mit komprimierter Kohlensäure zu benutzen, die unter Einschaltung von Druckregulatoren durch Zinnrohre und Schläuche mit dem Faß in Verbindung stehen, so daß durch den Druck der CO_2 auf die Oberfläche des Bieres letzteres zum Schanktisch aufsteigt. Die Apparate und sämtliche Verbindungen an denselben müssen aber peinlich sauber gehalten werden und überall der Reinigung zugänglich sein. Die Rohre sollen aus bleifreiem Zinn hergestellt sein.

β) Wein. Überreife Trauben werden entbeert, gequetscht; der Saft bleibt einige Tage mit Hülsen und Kernen in Berührung, um namentlich die Bukettstoffe aufzunehmen. Der Weißwein wird dann durch Treten oder Maschinen ausgepreßt; beim Rotwein wird erst nach der Gärung gepreßt, weil nur der gesäuerte Alkohol den roten Farbstoff löst.

Den Most läßt man entweder mit der Hefe, welche sich zufällig auf den Beeren angesiedelt hatte, oder durch Zusatz rein gezüchteter Hefen bei gutem Luftzutritt gären. Nach 10—30 Tagen folgt auf Lagerfässern die 3—6 Monate dauernde Nachgärung. — Das Klären geschieht beim Weißwein durch Hausenblase, beim Rotwein durch Eiweiß (Milch, Blut, Gelatine) oder Kaolin.

Mittlere Zusammensetzung einiger Weinsorten:

	Spez. Gew.	Alkohol	Säure (als Weins.)	Zucker	Extrakt	Farb- u. Gerbstoff	Asche
Moselwein . . .	0,9977	12,1	0,608	0,204	1,885	—	0,203
Rheingauwein . .	0,9958	11,5	0,455	0,378	2,299	—	0,169
Pfälzer Wein . .	0,9956	11,6	0,534	0,522	2,390	—	0,162
Franz. Rotwein . .	0,9947	9,6	0,589	0,616	2,341	0,616	0,217
Portwein	1,0045	16,4	0,47	3,99	6,17	0,17	0,29
Champagner . . .	1,04	9,2	0,58	10,7	11,20	0,06	0,14

Der fertige Wein enthält folgende Bestandteile (s. Tabelle): Alkohol 9—12 % (Dessertweine mehr); Extrakt zirka 2,0 %; Zucker 0,1—0,8 %;

Farb- und Gerbstoff bis 0,2 %; Asche 0,2 %; Wasser 85—88 %; spezifisches Gewicht 0,99—0,997. — Ferner Essigsäure, Bersteinsäure, Äpfelsäure (auch frei), Weinsäure (gebunden); Glyzerin, Önanthäther (Kaprin- und Kaprylsäureester), Aldehyd. Der Wein ist demnach kein Nahrungsmittel, sondern lediglich Reiz- und Genußmittel.

Anomalien und Fälschungen. Früher wendete man bei der Weinbereitung mancherlei Zusätze an, zum Teil in der Absicht, ein besseres und bekömmlicheres Präparat herzustellen. So

a) Das Chaptalisieren. Zu saurer Most wird mit Marmorstaub neutralisiert und vor der Gärung mit Zucker versetzt.

b) Gallisieren. Herstellung eines Normalmostes mit 24 % Zucker, 0,6 % Säure und 75,4 % Wasser durch Zusatz von Wasser und Zucker. Eventuell durch den geringeren Gehalt an Aschenbestandteilen nachweisbar. In Deutschland jetzt verboten.

c) Pétiotisieren. Sehr verbreitet, seit die Phylloxera ihre Verheerungen angerichtet hat. Die Trester (Schalen und Kerne) werden wiederholt mit Zuckerwasser vergoren. Es entstehen bukettreiche Weine mit wenig Säure, feurig und schön von Farbe; der zu geringe Gerbstoffgehalt wird durch Tanninzusatz korrigiert. Sehr haltbar. — Oft durch die Analyse nicht von reinem Weine zu unterscheiden und bis zu einem gewissen Grade zulässig, falls reines Material genommen wird (in Süddeutschland zur Bereitung von „Haustrunk“ beliebt).

Häufig erfolgt Gipszusatz zum Most; dadurch wird Wasser entzogen, die Klärung befördert, die Farbe verbessert, die Haltbarkeit erhöht. Die Weinsäure wird allerdings teilweise ausgefällt und dafür saures Kaliumsulfat in den Wein gebracht. In Deutschland und Österreich verboten, in anderen Ländern gebräuchlich.

Ferner wird oft durch Pasteurisieren konserviert. — Zuweilen wird Scheelisieren angewendet, d. h. Zusatz von 1—3 % Glyzerin, um dem Wein mehr Körper zu geben und ihn den gelagerten Weinen ähnlicher zu machen. — Oft werden fremde Farbstoffe, namentlich beim Pétiotisieren, zugesetzt (Malven, Heidelbeeren, Fuchsin usw.), nicht selten auch künstliches Weinbukett oder Alkohol (Vinage).

Bei der Beurteilung dieser Fälschungen vom rein hygienischen Standpunkt kommen ähnliche Gesichtspunkte in Betracht, wie bei der Beurteilung der Anomalien des Bieres. Für empfindliche Individuen ist schon der Genuß normalen Weins leicht mit Gesundheitsstörungen verknüpft; abnorme Präparate, namentlich mit schlechtem Stärkezucker aufgebesserte oder mit künstlichem Bukett versehene, wirken indes bereits in ungleich kleinerer Quantität schädlich und sind deshalb zu beanstanden. — Gegen alle nachteiligen Zusätze und Fälschungen schützt in Deutschland das Weingesetz vom 7. April 1909.

Die Untersuchung des Weins erfolgt ähnlich wie beim Bier durch Bestimmung des spezifischen Gewichts, des Alkohol- und Extraktgehaltes. Die freie Säure kann mit Normalalkalilösung titriert werden. — Stärkezucker-

zusatz ist durch den Polarisationsapparat zu erkennen. Reine Weine drehen die Polarisationsebene gar nicht oder infolge vorhandener Lävulose etwas nach links. Im Stärkezucker sind dagegen unvergärbare rechtsdrehende Stoffe (Amylin) und damit behandelte Weine zeigen daher starke Rechtsdrehung. — Gipszusatz wird erkannt durch die Bestimmung der Schwefelsäure. Die Asche stark gegipster Weine zeigt keine oder sehr schwache Alkaleszenz.

Um fremde Farbstoffe aufzufinden, kann man einige Tropfen des Weins auf ein Stück gebrannten fetten Kalks fallen lassen; bei reinem Wein entstehen dunkelgelbbraune Flecken, bei gefärbtem rötliche oder violette Nuancen. Oder man setzt dem Wein eine Mischung von gleichem Volum gesättigter Alaun- und 15%iger Natriumacetatlösung zu; bei größeren Mengen von Heidelbeer- oder Malvenfarbstoff tritt blauviolette Färbung ein (Nesslers Probe). Auch beim Versetzen mit Kalk gesättigter Brechweinsteinlösung treten Farbenunterschiede hervor. — Genauer Nachweis kleinerer Beimengungen erfordert komplizierte Methoden.

γ) Branntwein. Aus verschiedenstem zuckerhaltigem Material oder auch aus stärke- und zellulosehaltigem, nach Behandlung mit verdünnter Schwefelsäure bzw. Diastase, werden durch Hefezusatz alkoholhaltige Flüssigkeiten gewonnen, die dann destilliert werden, um Flüssigkeiten von höherem Alkoholgehalt herzustellen. Hauptsächlich werden Kartoffeln benutzt, aber auch Früchte (Kirschen, Pflaumen, deren Kerne Bittermandelöl liefern); oder Zuckerrohrmelasse (Rum); oder Reis (Arak); oder Wein (Kognak); oder Korn (Nordhäuser, Whisky, Genever).

Die Branntweine enthalten 35—75 % Alkohol; die feineren sind vielfach durch Methyl- und Äthylester der niederen Fettsäuren (Kognakaroma usw.) gefälscht. Am bedenklichsten ist ihr Gehalt an Fuselöl (Gemenge von Propyl-, Amyl-, Butylalkohol und Furfurol), das im normalen Branntwein höchstens zu 1 Promille enthalten ist und bei stärkerem Gehalt (rasche Destillation) Übelkeit und Kopfschmerzen erzeugt. — Giftige Wirkung kommt auch zustande durch stärkeren Zusatz von Methylalkohol (Sehstörungen, Pupillenerweiterung, Erbrechen, Dyspnoe, Kollaps), der z. B. in dem mit Methylalkohol und Pyridinbasen denaturierten Spiritus enthalten ist.

Der Nachweis des Fuselöls kann entweder schon durch den Geruch geschehen, wenn eine Probe des Branntweins zwischen den Händen zerrieben wird; genauer durch die Steighöhe des Branntweins in engen Kapillarröhren mit Skaleneinteilung; am sichersten durch Ausschütteln mit Cloroform und Beobachtung der Volumzunahme des letzteren in besonderen Apparaten (Röse).

b) Kaffee, Tee, Kakao.

Kaffee. Die Samen der Kaffeestaude enthalten nach Entfernung der fleischigen Hülle 10 % Eiweiß, 15—16 % Fett, 5 % Asche, ätherisches Öl, Gerbsäure, Zucker und 1 % Koffein (Thein). Letzteres ist ein Alkaloid

(Methyl-Theobromin bzw. Trimethylxanthin), welches leichte nervöse Erregung hervorruft. — Vor dem Brennen sind die Bohnen schwer zu pulvern und die Dekokte haben zu stark adstringierenden Geschmack. Brennen (bei 200—250 °) führt zu teilweiser Zerstörung der Holzfaser, des Zuckers und der Gerbsäure und zu einer Bildung empyreumatischer Substanzen, namentlich des Kaffeols, eines Öls, das sich an der exzitierenden und wahrscheinlich an der nicht unbeträchtlichen antibakteriellen Wirkung des Kaffees beteiligt.

In einer Tasse Infus, aus zirka 8 g Bohnen bereitet, finden sich etwa 1 g Nährstoffe und 0,1 g Koffein, so daß also von einer nährenden Wirkung, selbst beim Genuß großer Quantitäten, nicht die Rede sein kann. Ebensowenig übt das Koffein einen sparenden Einfluß auf den Stoffumsatz im Körper aus. — Dagegen können durch Mischung des Kaffeeinfuses mit Milch und Zucker nicht unerhebliche Nährstoffmengen eingeführt werden.

Fälschungen finden hautpsächlich statt bei schon gemahlenem Kaffee, der nur auf zuverlässigster Bezugsquelle entnommen werden sollte. Surrogate wie Zichorien, Feigen, Malz usw. bieten wohl brenzlichen Geruch und Geschmack, aber kein Koffein oder Kaffeol, und selbstverständlich sind sie auch nicht als Nährmittel anzusehen. Sacca- oder Sultankaffee ist aus den fleischigen Hüllen der Kaffeefrucht hergestellt und enthält nur Spuren von Koffein. Auch richtige Kaffeebohnen, denen aber das Koffein entzogen ist, kommen in Handel.

Tee. Die getrockneten Blätter des Teestrauchs enthalten mindestens 30 % feste Substanz, 3,0—2,0 % Asche, mindestens 7 % Gerbstoff; 0,5—2,0 % Koffein. Letzteres ist für die Wirkung des Tees maßgebend, die der des Kaffees sehr ähnlich, aber insofern milder ist, als die empyreumatischen Substanzen des Kaffees fehlen. — Eine Tasse Infus, aus 6—8 g Tee bereitet, enthält noch etwas weniger Nährstoff und Koffein, als das eben erwähnte Kaffeeinfus.

Fälschungen mit anderen Blättern werden durch vergleichende Untersuchung der mit lauwarmem Wasser befeuchteten und auf einer Glasplatte ausgebreiteten Blätter unter Zuhilfenahme von Lupe und Mikroskop unschwer erkannt. — Schwieriger ist die sehr häufige Fälschung des Tees mit schon extrahierten und wieder getrockneten Teeblättern zu entdecken; die oben angegebenen Grenzzahlen des Gehalts normalen Tees an verschiedenen Stoffen liefern hierfür Anhaltspunkte.

Kakao. Die von Keimen und Schalen befreiten, durch Rösten und Zusammenschmelzen präparierten, pulverisierten Kakaobohnen enthalten: 16 % Eiweiß, 50 % Fett (Kakaobutter von 30—34 ° Schmelzpunkt), 3—4 % Asche, 1,5 % Theobromin.

Letzteres ist Dimethylxanthin, dem Koffein nahe verwandt und auch in der Wirkung demselben ähnlich. Da der übergroße Fettgehalt belästigt, wird gewöhnlich

entölter Kakao mit ca. 35—30 % Fett verwendet. Eine vollständigere Entölung liegt nicht im hygienischen Interesse. — Holländischer Kakao enthält dadurch, daß die Bohnen mit Pottasche, Soda oder Magnesia behandelt sind, mehr lösliche Substanzen. — Eine Tasse Kakao, aus 15 g bereitet, enthält ca. 2 g Eiweiß, 4 g Fett und 4 g Kohlehydrate. Die Theobrominmengen sind so geringfügig, daß ein nervöser Einfluß fast ganz in Fortfall kommt. Ein gewisser Nährwert ist vorhanden, wird aber meist überschätzt.

Unter Schokolade versteht man eine Mischung von Kakao mit Zucker, Gewürzen, Stärke usw.; sie enthält im Mittel 1,5—2,0 % Wasser, 9 % Eiweiß, 0,6 % Theobromin, 15 % Fett, 60 % Zucker, 2 % Asche. Eine Tasse aus 15 g bereitet liefert 1 g Eiweiß, 2 g Fett, 10 g Zucker.

c) Tabak.

Die reifen Blätter der Tabakpflanze werden getrocknet, in großen Haufen einer Gärung unterworfen, bei welcher CO_2, NH_3, HNO_3 entsteht. Meist werden sie mit KNO_3 imprägniert, um die Verbrennlichkeit zu erhöhen. Dann müssen die Blätter lagern; dabei erfolgt teilweise Oxydation der organischen Substanzen. Die Lagerung darf nicht zu lange dauern, da sonst auch Nikotin und ätherisches Öl verloren geht. Der wichtigste Bestandteil ist das Nikotin $C_{10}H_{14}N_2$, ein farbloses, sehr giftiges Öl.

Im Tabaksrauch finden sich Nikotin, Pyridinbasen und regelmäßig Kohlenoxydgas als giftige Bestandteile; außerdem flüchtige Fettsäuren und Kohlenwasserstoffe.

Im syrischen Tabak, der stark betäubend wirkt, findet sich kein Nikotin; ferner im Havannatabak weniger, als in schlechten Rauchtabaken; auch tritt in abgelagerten Zigarren starker Nikotinverlust ein. Dennoch hängt die Wirkung des Tabaks fast ausschließlich vom Nikotingehalt desselben ab; Pyridinbasen und andere Rauchbestandteile sind bei der Wirkung wenig beteiligt. Die neuerdings hergestellten nikotinfreien Tabake scheinen deshalb leichter vertragen zu werden; sie sind aber meist nicht wirklich nikotinfrei.

Die Gesamtwirkung des Rauchtabaks besteht in einer leichten Erregung des Nervensystems, die bei einiger Gewöhnung je nach der Wahl des Tabaks und der Menge des Verbrauchs dem individuellen und zeitlichen Bedürfnis vortrefflich angepaßt werden kann. Bei Tabaksmißbrauch beobachtet man nervöse Herzschwäche, Skotome, Unempfindlichkeit für Farben usw.

Bei empfindlichen, nicht gewöhnten Individuen vermag der Tabaksrauch zweifellos toxische Symptome, Kopfschmerzen, Reizungserscheinungen in Schlund und Magen hervorrufen. Mit Rücksicht hierauf ist das Rauchen in allen öffentlichen, nicht ausdrücklich für Raucher bestimmten Räumen unbedingt zu verbieten.

d) Gewürze.

Über ihre Wirkung s. S. 165 Speziell erwähnt seien:

Der Pfeffer. In den Handel kommt schwarzer und weißer Pfeffer; ersterer ist die unreife getrockene Beere, letzterer die reife Frucht des Pfefferstrauchs. Enthält ca. 1 % scharfes ätherisches Öl und eine schwache organische Base, das Piperin. Der gepulverte Pfeffer ist sehr oft verfälscht und sollte nie gekauft werden. — Cayennepfeffer ist der Samen einer anderen südamerikanischen Pflanze, Capsicum baccatum.

Senf. Aus den Senfsamen von Sinapis nigra und alba gewonnen. Die Körner werden in der Senfmühle unter Zusatz von Weinessig fein gerieben. Oft noch Zusätze von Zimt, Nelken usw.; dem englischen Senf wird Cayennepfeffer zugefügt. Im Senfsamen ist myronsaures Kalium enthalten; daneben Myrosin als Ferment; beim Anmachen des Senfmehls mit Wasser entsteht Senföl, Zucker und Kaliumsulfat. Das Senföl (C_3H_5,N,C,S), das zu 0,3—1,0 % im Senf enthalten ist, liefert den scharfen Geruch oder Geschmack. Es wirkt energisch antiseptisch, z. B. auf Milzbrandbazillen schon völlig hemmend bei einer Konzentration von 1 : 33 000. — Der Senf ist sehr vielen Verfälschungen ausgesetzt, die am besten durch mikroskopische Untersuchung, bzw. durch Bestimmung des S erkannt werden.

Essig. Durch Oxydationsgärung aus Branntwein, Wein, verdorbenem Bier gewonnen; enthält im Mittel 4 % Ac; daneben Extraktivstoffe. — Verfälschung hauptsächlich mit Schwefelsäure und Salzsäure.

Literatur. Mehl u. Brot: Maurizio, Die Nahrungsmittel aus Getreide, Berlin, 1. Bd. 1917, 2. Bd. 1919. — M. P. Neumann, Brotgetreide und Brot, 1914. — R. O. Neumann, Die 1914—18 verwendeten Brote usw., 1920.

Sonstige Nahrungs- und Genußmittel: Mayrhofer im Handbuch der Hygiene von Rubner, Gruber und Ficker; ferner König, Nahrungsmittel, Bd. III, 2. u. 3. Teil. — Betreffs Untersuchungsmethoden: Vereinbarungen betreffs der Untersuchung und Beurteilung von Nahrungs- und Genußmitteln, Berlin 1897. — Die gesetzlichen Vorschriften siehe in den „Veröff. des Kaiserl. Gesundheitsamts".

Sechstes Kapitel.

Kleidung und Hautpflege.

Die Seite 44 geschilderte Wärmeregulierung des Körpers reicht nicht aus, um ihn unter allen Verhältnissen gegen eine zu starke Wärmeabgabe zu schützen. Wir sehen daher, daß alle Menschen je nach den klimatischen Verhältnissen, unter denen sie leben, sich mit mehr oder weniger Kleidung umgeben und bei Schwankungen der Witterung durch die Kleidung eine Verminderung bzw. eine Regulierung der Wärmeabgabe herbeizuführen versuchen.

In unserem Klima bedürfen wir einer erheblichen Menge und mehrerer Schichten von Kleidung; die des Mannes wiegt im Sommer etwa 3, im Winter 7 kg, die der Frau etwas mehr. Ferner hat die wie gewöhnlich locker anliegende Kleidung im Mittel eine Schichtdicke von 8,6 mm; den weit überwiegenden Volumteil derselben macht aber die zwischen den einzelnen Schichten der Kleidung eingeschlossene Luft aus.

Die Kleidung besteht zum kleinsten Teil aus dichten ungewebten Stoffen; gewöhnlich werden Stoffe benutzt, die aus vegetabilischen Fasern, oder aus Haaren von Tieren, oder aus Seidenfäden gewebt und *porös*, mit Zwischenräumen zwischen den einzelnen Fasern versehen sind.

Unter den *Eigenschaften* der Kleiderstoffe unterscheidet man — nach *Rubner*, dessen Arbeiten der folgenden Darstellung zugrunde liegen — die *primären*, welche den Stoffelementen als solchen zukommen; und andererseits die *sekundären*, welche nach der Verarbeitung des Stoffes zum Gewebe und wesentlich nach Maßgabe der Art der Verarbeitung zutage treten.

Eigenschaften der Stoffelemente der Kleidung.

Die Stoffelemente zeigen ein charakteristisches Verhalten unter dem Mikroskop, ferner meistens ein chemisches Verhalten, das zu ihrer Erkennung beiträgt. Physikalisch unterscheiden sich die Stoffelemente namentlich durch ihr hygroskopisches Verhalten, ihre Benetzbarkeit durch Wasser und ihr Leitungsvermögen für Wärme.

Das mikroskopische Verhalten ist folgendes:

Aus vegetabilischen Fasern (Gefäßbündel aus Blättern, Stengeln, Wurzeln oder Samenhaare) bestehen:

a) Baumwolle (Kattun, Shirting, Musselin, Tüll, Köper, Barchent usw.) Samenhaare verschiedener Gossypiumarten. Plattgedrückte, meist gewundene Fasern (Fig. 41 B), 0,02—0,05 m lang, von 0,012—0,042 mm Durchmesser, an einem Ende kegelförmig zugespitzt, am anderen stumpf abgerundet. Im Innern ist ein lufterfüllter Hohlraum; die Zellwand ist von beträchtlicher Mächtigkeit.

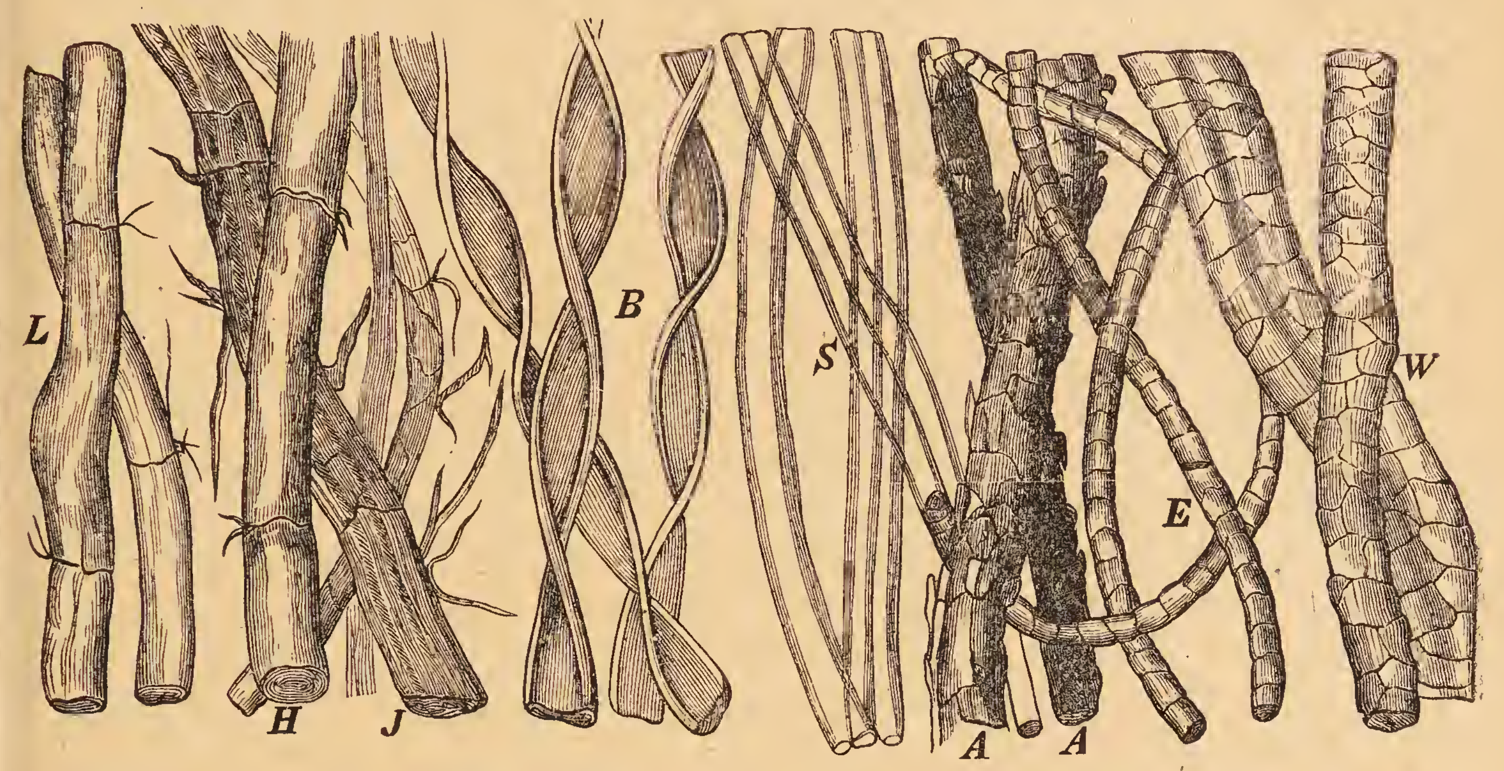


Fig. 41. Elemente der Kleidung. 150:1.
L Leinenfaser. *H* Hanffaser. *J* Jutefaser. *B* Baumwollfaser. *S* Seide. *A* Alpakawolle. *E* Elektoralwolle. *W* Schalwolle.

b) Leinen. Hergestellt aus der Bastfaser von Flachs (Linum usitatissimum). Das Bastgewebe des Flachsstrohs wird von der Oberhaut und dem Holzkörper getrennt durch einen Fäulnisprozeß (Rösten); dann wird die Trennung durch Klopfen, Brechen und Schwingen, schließlich durch Hecheln vervollständigt. Gut gehechelte Flachse zeigen unter dem Mikroskop nur Bastzellen, die bis 4 cm lang und 0,01—0,02 mm breit sind. Das Lumen ist meist auf eine dunkle Linie reduziert, stellenweise ganz verschwunden; die Faser ist walzenförmig, längsgestreift.

c) Hanf und Jute, aus Bastzellen von Cannabis sativa bzw. indischen Tiliaceen hergestellt, übrigens wie beim Flachs zubereitet; selten zu Kleidung verwendet. Faser starrer, Wand dicker.

Aus tierischen Materialien besteht:

a) Wolle; gewöhnlich Schafwolle, je nach der Rasse durch Länge, Kräuselung und Feinheit des Haares unterschieden. Im Rohzustand ist sie stark mit Schweiß und Fett verunreinigt. Bei der Entfettung durch Waschen mit Wasser und später mit alkalischen Flüssigkeiten verliert sie 20—70%. Die Haare der gereinigten Wolle sind 4—32 cm lang, 0,014—0,06 mm dick; unter dem Mikroskop zeigen sie eine epithelartige Membran, die aus dünnen, sich dachziegelähnlich deckenden Cuticularplättchen

besteht, so daß die Oberfläche ein schuppiges, tannenzapfenartiges Aussehen erhält (Fig. 41 W). Bei altem, getragenem Wollstoff zerfällt die Faser in Fibrillen, die Vorsprünge verschwinden, die Querstreifung wird weniger deutlich. — Die kurze, stark gekräuselte Wolle liefert die sogenannte Streichwolle (Flanell, Fries, Buckskin); die Kammwolle liefert das Material zu glatten Wollzeugen aus langen, sehr festen Haaren.

Häufig werden gemischte Gewebe benutzt. — Erwähnt sei die verbreitete Kunst- oder Lumpenwolle (Mungo, Shoddy). Diese wird durch Zerreißen oder Zerkratzen von Wolllumpen und Mischen mit neuer Schafwolle zu Geweben verarbeitet. Oft sind auch Leinen- und Baumwollabfälle hineingemengt, während in anderen Fällen diese Fasern der Lumpen durch Karbonisierung (Säureeinwirkung) zerstört werden, so daß nur die Wollfasern übrig bleiben. Äußerlich ist Lumpenwolle von neuer Wolle nicht zu unterscheiden, dagegen wohl durch das Mikroskop.

b) Seide. Aus Absonderungen der Seidenraupe gewonnen. Die im Frühjahr aus dem Ei hervorgekrochene Raupe spinnt sich nach mehrmaliger Häutung zur Verpuppung ein. Dazu sondert sie durch zwei schlauchförmige Drüsen ihres Kopfes eine klebrige Flüssigkeit in Form von zwei Fäden ab, die sich zu einem Doppelfaden vereinigen, und dieser bildet ununterbrochen fortlaufend den Kokon, welcher die Puppe umgibt. In 12—21 Tagen ist aus der Puppe ein Schmetterling geworden. Dieser wird vor dem Durchbrechen des Kokons getötet, falls man letztere gewinnen will. Der Faden wird dann vorsichtig abgewickelt und liefert die Rohseide. — Unter dem Mikroskop stellen die Fäden zylindrische, solide und homogene Fasern von 0,008—0,2 mm Dicke dar. — Es kommen Beimengungen von „künstlicher“ Seide vor, bestehend aus feinsten Fäden von Nitrozellulose, die nachher denitriert wird.

In bezug auf das chemische Verhalten der Kleiderstoffe seien folgende Reaktionen erwähnt:

Tierische Fasern lösen sich beim Kochen in mäßig konzentrierter Kalilauge auf, sie färben sich nachhaltig (waschecht) mit Pikrinsäure und mit Anilinfarben, brennen angezündet nicht fort, liefern eine feste schwammige Kohle und starken Geruch von verbrannten Haaren oder Federn. In Kupferoxydammoniak bleibt Seide unverändert; Wolle quillt etwas.

Vegetabilische Fasern lösen sich nicht in Kalilauge, färben sich nicht dauernd in Pikrinsäurelösung, brennen angezündet fort, geben dabei eine leicht zerfallende Asche und keinen intensiven Geruch. In Kupferoxydammoniak ist Baumwolle leicht löslich; Leinwand quillt nur. Ein kleines Stück Gewebe aus Pflanzenfasern wird mit ca. 2 ccm konzentrierter Schwefelsäure übergossen: auf Zufügung von 2 Tropfen gesättigter wäßriger Thymollösung entsteht purpurrote Färbung der Flüssigkeit.

Seide und Wolle sind durch die leichtere Lösung der ersteren in Salpetersäure und Ammoniak erkennbar. — Baumwolle und Leinen unterscheidet man durch kurzes Eintauchen in englische Schwefelsäure. Die Baumwollenfäden werden gallertartig bzw. gelöst. Die Leinenfäden bleiben unverändert.

Das Wärmeleitungsvermögen der Stoffelemente beträgt bei Baumwollfasern 29,9 (das der Luft = 1 gesetzt), bei Leinenfasern ungefähr ebensoviel, bei Wollfasern 6,1, bei Seide 19,2.

Eigenschaften der zu Geweben verarbeiteten Kleiderstoffe.

Die Fasern der Kleiderstoffe sind entweder durch Weben oder Wirken zu Geweben vereinigt; beim Weben bilden die in der Längsrichtung parallel gelagerten Fasern die Kette, die mit diesen sich rechtwinklig kreuzenden den Einschlag. In der Wirkerei werden die Fäden in Form von Maschen verschlungen; die so hergestellten Trikotstoffe zeigen viel größere Dehnbarkeit.

Folgende Eigenschaften der Gewebe kommen in Betracht:

1. der mikroskopische Aufbau (in Schnitten nach Zelloidineinbettung untersucht). Bei Wollstoff finden sich reichlich Lücken und Lufteinschlüsse; bei Leinen und Seidenstoffen sind die Zwischenräume sehr viel enger.

2. Die Dicke der Stoffe. Glatte Leinen- und Seidenstoffe haben 0,16—0,4 mm Dicke, Trikotgewebe 0,6—1,2 mm, Wollflanelle 2—3 mm, Überzieherstoffe 6—7 mm. Die Dicke wird gemessen mit Rubners Sphärometer.

3. Spezifisches Gewicht und Luftgehalt. Durch Wägung von z. B. je 5 qcm ergibt sich das Flächengewicht; dieses multipliziert mit der Dicke ergibt das Gewicht von 1 ccm = spez. Gewicht. Letzteres dividiert durch das spez. Gew. der festen Masse (= 1,3) gibt das Porenvolum oder den Luftgehalt. Dieser beträgt bei Leinen zirka 40, bei Trikotgewebe 70—80, bei Flanell 90 %. Durch Plätten, Stärken, Appretieren (Imprägnieren mit $MgSO_4$) werden die Stoffe fast luftfrei.

Von dem Luftgehalt hängt wesentlich ab:

4. die Komprimierbarkeit der Stoffe, diejenige Eigenschaft der Kleidung, durch welche Stoß und Druck auf Körperstellen abgeschwächt werden sollen; außer dem Luftgehalt, der durch die Webweise bestimmt wird, kommt noch die Dicke der Stoffe und bis zu einem gewissen Grade auch ihre Elementarzusammensetzung für diesen Schutz in Betracht. Die meisten Kleiderstoffe sind etwa bis auf ⅓ komprimierbar.

5. Von den Beziehungen der Kleiderstoffe zur Feuchtigkeit und zum Wasser interessiert zunächst das hygroskopische Verhalten. Entsprechend der relativen Feuchtigkeit der Luft wird von allen Stoffen Wasserdampf unter Wärmeentwicklung aufgenommen. 100 Teile Wolle absorbieren bei 100 % Leuftfeuchtigkeit 28 g Wasserdampf, Seide 17, Baumwolle 12 g.

In bezug auf die Benetzbarkeit steht Leinen obenan; etwas weniger schnell ist Baumwolle benetzbar, noch weniger Wolle. Durch Behandeln der Stoffe mit essigsaurer Tonerde (bei Wolle auch mit Alaunlösung) kann die Benetzbarkeit stark verringert werden.

Nach dem Eintauchen in Wasser und Auspressen mit der Hand bleibt so viel Wasser im Stoff zurück, wie dessen minimalster Wasserkapazität entspricht. Besonders wichtig ist, wieviel lufthaltige Poren nach dieser Wasseraufnahme noch bestehen. Je lockerer der Stoff, um so mehr Poren bleiben lufthaltig:

Wollflanell	zeigt	trocken	923	Porenvolum,	benetzt	803
Baumwollflanell	„	„	888	„	„	723
Trikot-Wolle	„	„	833	„	„	612
„ Baumwolle	„	„	847	„	„	617
„ Leinen	„	„	733	„	„	318
Glatte Baumwolle	„	„	520	„	„	0

Auch die wasserhaltende Kraft und die kapillare Aufsaugung (vgl. Kap. „Boden“) hängen vorzugsweise vom Luftgehalt des Gewebes ab. Die porösen Stoffe saugen am langsamsten auf, nur tritt bei gleichem Gewebe eine besondere Verlangsamung bei Wollstoffen hervor.

Nasse glatte Gewebe, namentlich Leinen adhärieren leicht an der Haut. Leinen hat aber darin einen Vorzug, daß es häufiges Waschen am besten verträgt, namentlich ohne Verfärbung. — Nasse Wolle legt sich infolge ihrer seitlichen Stützhaare nicht so glatt an. Bei wiederholtem Waschen tritt stärkere Krümmung der Haare ein (Einkriechen der Wollstoffe).

6. Von dem Porenvolum, daneben aber besonders von der Größe der Lufträume (die z. B. durch die Appretur beeinflußt wird), hängt ferner die Permeabilität der Kleider für Luft und andere Gase (Wasserdampf, CO_2) ab. Sie läßt sich angeben in der Anzahl der Sekunden, welche es dauert, bis durch 1 qcm Fläche eine 1 cm dicken Stoffs 1 ccm Luft bei bestimmtem Druck (0,42 mm) gefördert wird. Die verschiedenen Stoffe ergeben dann folgende Zahlen:

Dichter Baumwollstoff	76
Waffenrock	10
Wolltrikot	6
Loden	3
Baumwollentrikot	1

Für die Permeabilität einer Gesamtkleidung ist es wichtig, daß die übereinanderliegenden Schichten möglichst homogen sind; die Einlagerung

einer wenig permeablen Schicht über leicht permeablen hebt den Durchtritt der Luft nahezu auf (z. B. glatte Leinen- und Baumwollstoffe über Wolltrikot; glattes Westenrückenfutter).

7. Auch für das reelle Wärmeleitungsvermögen der fertigen Kleiderstoffe ist der Luftgehalt von größter Bedeutung; daneben kommt besonders die Dicke der Stoffe und in geringerem Grade das Leitungsvermögen der Grundstoffe in Betracht. Bei gleicher Dicke verhält sich der Wärmedurchgang,

Baumwolltrikot .	=	100 gesetzt,
bei Wolltrikot . .	=	68
„ Leinentrikot .	=	119
„ Leinen glatt .	=	133
Loden	=	76

Durch hygroskopisches Wasser nimmt die Leitung bei Wolle um 110 %, bei Seide um 41 %, bei Baumwolle um 16 % zu. — Falls Wasser eingelagert ist, verhält sich die Leitung des trockenen Stoffs zum feuchten:

bei Wollflanell	wie	1 : 1,56
„ Wolltrikot	„	1 : 2,17
„ Loden	„	1 : 2,58
„ glatter Baumwolle . . .	„	1 : 3,39

Die Abstrahlung der Wärme differiert wenig (zwischen 83 und 110); sie ist am niedrigsten bei den glatten Stoffen (namentlich bei glänzender Seide), am stärksten bei rauher Trikotwolle. Bei nasser Oberfläche nimmt die Strahlung ab; gleichzeitig wirkt aber die Verdunstung im entgegengesetzten Sinne.

Auf Grund der dargelegten Eigenschaften vermag die Kleidung bei geeigneter Auswahl den hygienischen Anforderungen zu entsprechen; in dieser Beziehung kommen in Betracht:

1. Die Beziehungen der Kleidung zur Wärmeabgabe.

Durch direkte Bestimmung der gesamten Wärmeabgabe eines Körperteils (in Rubners Kalorimeter) ist festgestellt, daß jedes Kleidungsstück eine deutliche, 10—40 % betragende Verminderung der Wärmeabgabe bewirkt.

Diese Verminderung der Wärmeabgabe könnte entweder durch Herabsetzung der Ausstrahlung der Wärme von der Oberfläche der Kleider erfolgen, oder aber von einer Erschwerung der Wärmeleitung herrühren. Nun ergeben zwar direkte Messungen, daß das Strahlungsvermögen der Kleider sogar etwas größer ist als das der Haut, dafür hat

aber der bekleidete Körper durch Erschwerung der Wärmeleitung im Durchschnitt nur eine Temperatur von 21° an der Oberfläche, und das Resultat ist daher immer eine erhebliche Verminderung der Wärmeabgabe. — Eine weitere Behinderung der Entwärmung des bekleideten Körpers kommt durch die schlechte Wärmeleitung der Kleidung zustande, die, wie oben gezeigt wurde, hauptsächlich von dem Luftgehalt des Gewebes und von seiner Dicke beeinflußt wird.

Jede Schicht Kleidung veranlaßt mithin eine Hemmung der Wärmeabgabe. Mißt man die Temperaturen, welche die einzelnen Kleidungsschichten am Körper zeigen, so findet man:

für die Haut des unbekleideten Körpers 27—32°;

für die Haut des bekleideten tätigen Körpers 29—31°; bei voller Ruhe bzw. Schlaf oder bei zu hoher über 24° gelegener Außentemperatur 34—35°.

Bei der Bekleidung mit Wollhemd an der Außenseite desselben 28,5°.

Bei Bekleidung mit Wollhemd und Leinenhemd an der Außenseite des letzteren 24,8°.

Bei Bekleidung mit Wollhemd, Leinenhemd und Weste an der Außenseite 22,9°.

Bei Bekleidung mit Wollhemd, Leinenhemd, Weste und Rock an der Außenseite 19,4° (Rubner).

Soll der Körper mehr Wärme abgeben, so kann eine einzelne Schicht fortgelassen und damit die Temperatur der Außenfläche erhöht werden. Die Anpassung an die klimatischen und Witterungsverhältnisse erfolgt daher am leichtesten durch eine zweckentsprechende Zahl der Kleidungsschichten.

Außerdem kommt die Permeabilität der Gesamtkleidung für ihre Wärmehaltung in Betracht. Starker Luftdurchgang kann den Wärmeschutz erheblich beeinträchtigen. — Ein gewisser Luftwechsel durch die Kleidung ist aber erforderlich; schon wegen der unten zu besprechenden wichtigen Beziehungen derselben zur Wasserdampfabgabe des Körpers. Die Größe des Luftwechsels durch eine Kleidung läßt sich durch Bestimmung des CO_2-Gehalts der Kleiderluft messen, wenn man die CO_2-Produktion seitens der Haut als gleich annimmt. Unbehagen tritt schon ein, wenn jener CO_2-Gehalt über 0,08 Promille steigt. Durch einen einfachen Sommeranzug treten normalerweise in der Stunde 935 Liter Luft ein.

Bei durchfeuchteter Kleidung (durch hygroskopisches oder in die Poren eingelagertes Wasser) wird zunächst das Gewicht der Kleidung bedeutend erhöht und oft geradezu belästigend. Dasselbe kann

auf das Doppelte, also von 4 kg auf 8 kg steigen, lockere baumwollene und wollene Stoffe nehmen sogar das Dreifache ihres Gewichts an Wasser auf.

Ferner wirken die durchfeuchteten Kleider erheblich befördernd auf die Wärmeabgabe. Einmal sind sie weit bessere Wärmeleiter als die trockenen lufthaltigen Kleidungsstücke; sodann wirken sie durch die bei der Verdunstung des aufgenommenen Wassers entstehende Kälte. Die in einer völlig durchnäßten Kleidung enthaltene Wassermenge verbraucht zu ihrer Verdunstung die gesamte Wärme, welche der Körper innerhalb 24 Stunden zu produzieren vermag.

Feuchte Kleider müssen um so stärker abkühlend wirken, je schneller sie das Wasser einsaugen, je vollständiger die Luft aus den Poren verdrängt wird, und je rascher die Verdunstung des Wassers vor sich geht. Porös gewebte Stoffe zeigen in diesen Beziehungen das günstigste Verhalten, weil die Menge des aufgenommenen Wassers geringer ist und das Wasser nur langsam eindringt (ausgenommen bei lange getragener Wolle); die Faser wird daher nicht schlaff, und das Gewebe nicht in eine gleichmäßig durchfeuchtete Masse verwandelt, sondern die Poren des Gewebes bleiben teilweise lufthaltig. Die Wollstoffe legen sich außerdem infolge ihrer Stützfasern nie so glatt an die Haut an, wie die übrigen nassen Stoffe.

Bei stark schwitzender Haut, z. B. auf Märschen, im tropischen Klima usw. sind daher unbedingt lockere poröse Stoffe zu empfehlen. Bei manchen Individuen verursachen die Wollstoffe zu starke Reizungen der Haut, so daß sie nicht auf die Dauer vertragen werden; außerdem sind sie meist dicker gearbeitet, als andere Stoffe und wirken dadurch schweißtreibend. Poröse Baumwollstoffe (Lahmanns Reformbaumwolle oder Vodels aus Wolle, Baumwolle und Leinen gemischte Trikotstoffe) sind daher unter solchen Umständen besser.

Eigentümlich verschieden ist das Verhalten von Wolle einerseits, Leinen und Baumwolle andererseits gegenüber den Bestandteilen des Schweißes. Wolle läßt dieselben durchwandern, so daß die Oberkleider stärker verschmutzt werden; in Leinen und Baumwolle bleiben sie stecken, und man findet diese z. B. auch dann am reichsten an Kochsalz, wenn darunter noch eine Wollschicht getragen wird.

Ist der Körper häufigen Durchnässungen von außen ausgesetzt, so bedient man sich zweckmäßig der imprägnierten, aber porösen Wollstoffe. Dieselben werden z. B. mit einer Mischung von Alaun, Bleiazetat und Gelatine getränkt; dadurch wird die Adhäsion zwischen der Faser und dem Wasser vermindert und das kapillare Aufsaugungsvermögen des Stoffes beseitigt. Wasser läuft an diesen Kleidern

vollständig ab, während die Durchlässigkeit für Luft nur um 2—8 % vermindert ist. Sie sind den für Luft undurchlässigen und den Luftwechsel durch die Kleidung völlig aufhebenden Stoffen aus Gummi und Kautschuk weit vorzuziehen.

2. Beziehungen der Kleider zur Wasserdampfabgabe des Körpers.

Für die Wasserdampfabgabe des Körpers ist das eigentümliche Klima, in welchem die Haut des bekleideten Körpers sich befindet, von größter Bedeutung. Gewöhnlich zeigt die Luft zwischen Körper und Kleidung nur 30—40% Feuchtigkeit und, bezogen auf die Temperatur von ca. 31° (s. oben), ein sehr hohes Sättigungsdefizit. Durch die Kleidung wird daher der Körper ständig in eine außerordentlich trockene, zur Wasserdampfaufnahme befähigte Atmosphäre eingehüllt, und nur in dieser fühlt sich der Mensch behaglich. Soll sich dieselbe aber erhalten, und der Körper in der gewohnten Wasserdampfabgabe nicht beschränkt werden, so muß ein gewisser Luftwechsel vor sich gehen und die Kleidung muß für Luft durchgängig sein. Bei undurchlässiger Kleidung, bei zu zahlreichen Kleiderschichten, ferner auch bei sehr warmer, feuchter und windstiller Außenluft sehen wir in der Tat die Feuchtigkeit in der den Körper begrenzenden Luftschicht auf 55—65 % steigen; damit tritt aber zugeich eine merkiche Belästigung und ein Gefühl des Unbehagens ein (s. S. 37).

Die oben angeführten Zahlen für die Permeabilität der Kleiderstoffe im trockenen und feuchten Zustande geben daher von diesem Gesichtspunkt aus die wichtigsten Anhaltspunkte für die Wahl der Kleidung. Den lockeren Trikotstoffen ist der Vorzug vor glatten Baumwoll- und Leinenstoffen zu geben. Jägerscher Wollstoff, Lahmanns Reformbaumwolle und Vodelsche Trikotstoffe ermöglichen den ausgiebigsten Luftwechsel durch die Kleidung und die leichteste Fortschaffung des Wasserdampfes. Solange die Wasserausscheidung durch die Haut nicht übermäßig ist, wird es in solcher Kleidung überhaupt nicht zur Schweißbildung und zur Durchfeuchtung der Stoffe kommen. Auch wenn aber letztere eingetreten ist, so ermöglichen diese Stoffe immer noch eine weitere Wasserdampfabgabe, während diese bei gewöhnlicher Baumwolle und bei Leinen völlig aufhört.

Die letztgenannten Stoffe sind dagegen dann indiziert, wenn die Haut wenig Wasserdampf produziert, trocken bleibt und wenn keinerlei stärkere Temperaturdifferenzen auf den Körper einwirken, also für eine sog. Ruhekleidung, z. B. beim Aufenthalt im Zimmer und namentlich im Bett.

3. Schutz des Körpers gegen Wärmestrahlen.

Gegen die Sonnenstrahlen muß der Europäer selbst im heißen Klima Schutz durch die Kleidung suchen, da seine Haut die Sonnenstrahlung weiter in die Tiefe dringen läßt, als die des Farbigen. Zur Abhaltung der Wärmestrahlen sind am geeignetsten hellfarbige, weiße oder hellgelbe Kleiderstoffe, während die Qualität des Stoffes wenig in Betracht kommt. Setzt man das Absorptionsvermögen weißer Stoffe für die leuchtenden Wärmestrahlen = 100, so beträgt dasselbe für hellgelbe 102, für dunkelgelbe 140, für hellgrüne 152, für rote 168, für hellgraue 198, für schwarze 208. — Über die Wirkung der kurzwelligen Strahlen des Sonnenspektrums s. S. 53.

Auch gegen die Strahlung von Flammen aus ist die Haut eventuell durch Kleidung zu schützen. Besonders geeignet sind für die in solcher Weise exponierten Arbeiter die zugleich unverbrennbaren Asbestkleidungsstücke (z. B. Hauben, Gamaschen usw.) bzw. die mit Flammenschutzmitteln (Ammoniumphosphat oder Ammonsulfat oder Bleiessig und Wasserglas) imprägnierten Stoffe.

Fernere Anforderungen an die Kleidung betreffen zunächst das Fehlen giftiger Farben.

Die S. 257 aufgeführten, Arsenik, Blei und Kupfer enthaltenden Farben werden nicht selten zur Färbung der Kleider verwendet. Große Mengen Arsenik sind namentlich in grünen Tarlatankleidern gefunden. Mit Bleifarben imprägniertes Hutfutter, mit Anilinfarben gefärbte Strümpfe und Unterkleider sollen zu Hautkrankheiten Anlaß gegeben haben.

Die porösen Kleidungsstoffe sind oft die Quelle übler Gerüche. Sie nehmen von außen Massen von Staub auf, der bei der Durchnässung weiter ins Innere befördert wird; von seiten des Körpers dringen, namentlich bei rauhen Stoffen, die Hautsekrete ein, so daß die Kleider mit einer Menge organischer in Zersetzung begriffener Stoffe imprägniert werden. Auch flüchtige, riechende Bestandteile werden reichlich absorbiert, von den wollenen Stoffen in höherem Grade als von Baumwolle und Leinen. In durchnäßter Kleidung können Zersetzungsprozesse weiteren Fortgang nehmen und übele Gerüche veranlassen. Eine häufige gründliche Reinigung sämtlicher Kleider ist daher unerläßlich.

Eine weitere Folge der geschilderten Verunreinigung der Kleider ist ihr Bakterienreichtum, der um so größer wird, je länger die Kleidung getragen ist und oft zu enormen Zahlen anwächst. Die Bakterien gelangen wesentlich mit Staubteilchen und Hautschüppchen in die Kleidung; je rauher die Oberfläche der Stoffe, um so mehr Keime bleiben haften. Leinene und baumwollene Stoffe mit fest gesponnenen Fäden und glatter

Oberfläche enthalten die wenigsten Keime. — Auch bei der Übertragung von Infektionserregern spielt die Kleidung eine bedeutsame Rolle. Pocken, Masern, Milzbrand usw. werden nachweislich durch Kleidungsstücke, zuweilen erst durch Vermittelung der Trödler oder durch Lumpen, auf Gesunde übertragen. Reste von phthisischem Sputum gelangen häufig durch die Hände der Kranken oder durch Taschentücher auf die Oberkleider. Die Erreger von Wundinfektionskrankheiten werden durch mangelhaft gereinigte Verbandstücke verbreitet; Cholera, Typhus, Ruhr durch verunreinigte Leib- und Bettwäsche, Beinkleider usw. Nach der mit gründlichem Durchkochen verbundenen Wäsche pflegt die Unterkleidung lebende Infektionserreger nicht mehr zu enthalten; auch beim Plätten erfolgt energische Abtötung der Keime. Die nicht waschbaren Oberkleider können aber sehr lange Zeit als Infektionsquellen wirken, bis sie einer Desinfektion unterworfen sind (s. Kap. X).

Schädigungen des Körpers durch fehlerhaften Sitz der Kleidung sind seit lange bekannt. Auf die durch Korsetts entstehende Schnürleber, auf die schädlichen Folgen enger Halsbekleidung, auf die Unzweckmäßigkeit der Strumpfbänder usw. ist in populären Schriften vielfach hingewiesen worden. Daß vom hygienischen Standpunkt aus eine Reform der Kleidung in vielen Punkten wünschenswert erscheint, ist so selbstverständlich, daß es keiner näheren Begründung bedarf. Vorläufig aber ist wenig Aussicht vorhanden, daß ein Kampf der Hygiene gegen Sitte und Mode auf größere Erfolge rechnen darf.

Besonders schwere Deformationen erleidet der Fuß durch die früher und zum Teil auch jetzt gebräuchliche Form des Schuhwerks, bei welcher die Sohle symmetrisch um die Mittellinie des Fußes gelagert ist und das Oberleder so geschnitten wird, daß es seine größte Höhe — entsprechend der für die Sohle maßgebende Linie — gerade in der Mitte hat und daß es nach vorn ganz flach auf die Sohle ausläuft.

Die Nachteile, welche durch diesen fehlerhaften Schnitt entstehen, betreffen insbesondere die große Zehe; der äußere Rand des Nagels derselben wird über das Nagelbett herausgedrängt und es entsteht chronische Entzündung des Nagelfalzes; der innere Rand wird nach unten, der zugehörige Nagelfalz nach oben gedrängt und dadurch der „eingewachsene“ Nagel hervorgerufen; die erste Phalanx erfährt eine Abknickung gegen den Metatarsusknochen und das allmählich am inneren Fußrande prominierende Metatarsusköpfchen ist beständigem Druck und chronischen Entzündungen ausgesetzt. Durch die seitliche Verschiebung der großen Zehe wird ferner der zweiten Zehe der ihr zukommende Platz verkümmert, und dieselbe muß daher verkrüppelt oder falsch gelagert werden. — In der gleichen Richtung wirken die Strümpfe, die fast immer mit der Spitze in der Mitte hergestellt werden, statt daß die Spitze an der Großzehenseite liegen und für den rechten und linken Fuß ein besonderer Strumpf angefertigt werden sollte. — Fehlerhaftes Schuhwerk führt auch zur Plattfußbildung, einer häufigen Ursache der

Militäruntauglichkeit; sie beruht auf einer Umlegung des Fußgewölbes, so daß dessen Scheitel nach innen umfällt, während die Stützpunkte nach außen rutschen, und kommt dadurch zustande, daß der herkömmliche Schnitt des Oberleders den Fuß zu gewaltsamer Pronation veranlaßt. Die größte Höhe des Oberleders ist in der Mittellinie, die größte Höhe des Fußes an seinem Großzehenrand; um den Fuß also in dem Oberleder unterzubringen, muß derselbe eine möglichst starke Pronationslage einnehmen. Dabei rücken die Stützpunkte des Fußgewölbes nach

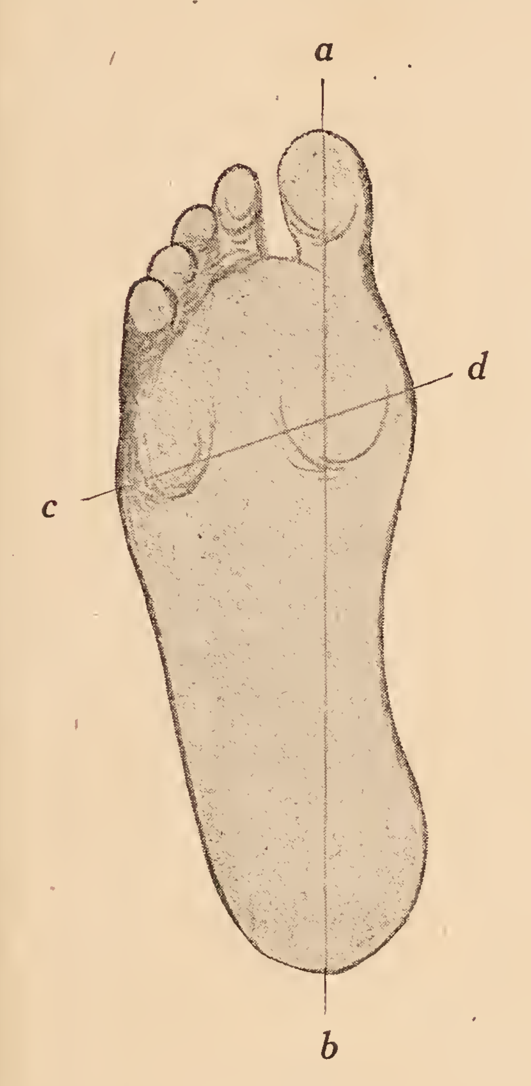


Fig. 42a.
a—b Meyersche Linie. *c—d* Starkesche Linie.

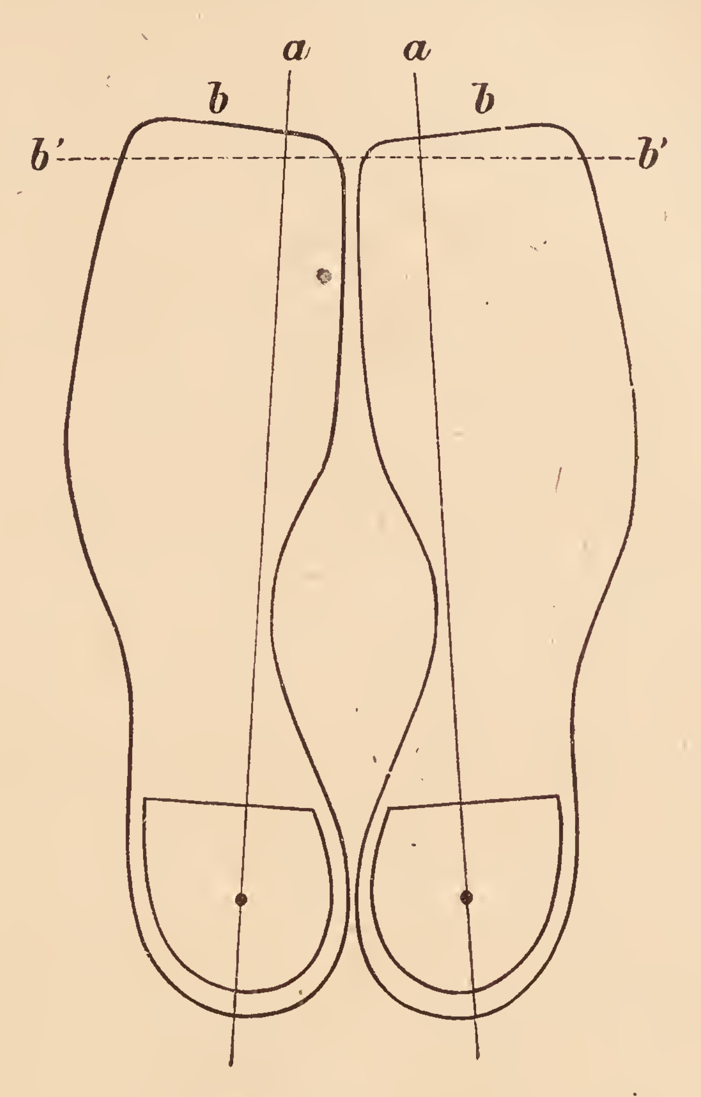


Fig. 42b. Richtige Sohlen.
a Meyersche Richtungslinie. *b'* Vorderer Rand, unschöne Form. *b* Bessere Form des vorderen Randes.

außen, die Schwerlinie wird nach innen verschoben und so der Anfang für die Umlegung des Fußgewölbes gegeben.

In einem richtig gestalteten Schuh soll die große Zehe ihre normale Lage einnehmen, d. h. die Achse derselben soll die Fortsetzung einer Linie bilden, welche von der Mitte der Ferse nach der Mitte des ersten Metatarsusknochens (a—b) in Fig. 42a) gezogen ist. Der innere Rand der Sohle soll vom Metatarso-Phalangealgelenk der großen Zehe bis nach vorn parallel dieser Linie liegen, und zwar in einem Abstand von reichlich der halben Breite der großen Zehe. In eben dieser Linie soll auch das Oberleder für die ganze Länge des Fußrückens und der großen Zehe am höchsten gehalten werden. Die größte Breite des Fußes liegt in der Starkeschen Linie (Fig. 42a c—d), welche die Köpfchen des 1. und 5. Mittelfußknochens verbindet.

Eine sorgfältige Hautpflege ist schon dadurch geboten, daß die vielerlei Verunreinigungen, welche auf die Körperoberfläche gelangen, keineswegs vollständig von der Kleidung aufgenommen und mit dem Wechsel derselben entfernt werden. Vielmehr bleibt ein fettiger, schmieriger Überzug auf der Haut zurück, der außerordentlich zahlreiche Sproß- und Spaltpilze beherbergt. Insbesondere wird bei manchen Gewerbe- und Industriebetrieben (Kohlenbergwerke, Bleiweißfabriken, Baumwollspinnereien u. a. m.) die Haut der Arbeiter mit einer festhaftenden Schmutzschicht bedeckt, unter deren Einfluß Störungen des Wohlbefindens und krankhafte Hautaffektionen entstehen.

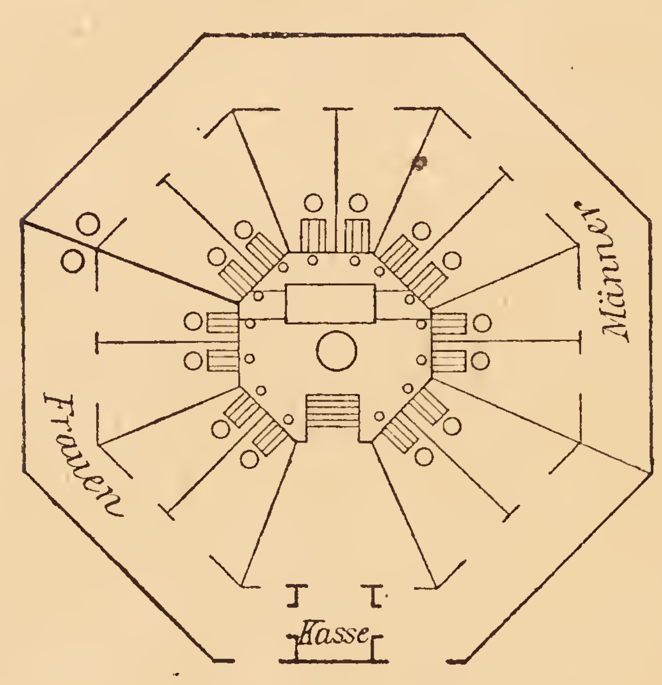


Fig. 43. Volksbrausebad.

Eine häufige Reinigung des ganzen Körpers durch lauwarme Bäder sollte daher auch für die gesamte Bevölkerung zur Gewohnheit werden. In dieser Beziehung ist ein wesentlicher Fortschritt zu hoffen

1. von der Einführung der Volksbäder, in welchen ein warmes Brausebad mit Seife und Handtuch in einzelner Zelle für billigsten Preis geboten wird. Eine Musteranstalt nach Lassars Angaben von achteckigem Grundriß ist in Frankfurt a. M. eingerichtet (Fig. 43).

Im zentralen Teil befindet sich der Dampfkessel, ringsum liegen 14 Zellen, 4 für Frauen, 10 für Männer in vom Eingang ab völlig getrennten Abteilungen. Das in jeder Zelle an der Innenwand angebrachte, 30 Liter fassende Wassergefäß hat ein Wasserstandsrohr, das von dem zentralen Betriebsraum aus beobachtet werden kann. Dies Wasser hat 40° und kann mit kaltem Wasser beliebig temperiert werden.

2. von Schulbädern, die zuerst in Göttingen, später in verschiedenen anderen Städten zur Einführung gelangt sind.

Im Erdgeschoß sind warme Brausebäder eingerichtet. Sind drei Brausen für je 3 Kinder vorhanden, so dauert das Baden einer Klasse von 50 Kindern ca. 50 Minuten. Die Kinder verlassen die Klasse in einzelnen Abteilungen, so daß jedes Kind nur etwa 10 Minuten in der Klasse fehlt. Dieselbe Klasse hat alle 8—14 Tage Badestunde und für diese wird eine Stunde ausgewählt, in welcher Abschreibeübungen, Wiederholungen oder kursorisches Lesen auf dem Lehrplan stehen, so daß keine wesentliche Störung des Unterrichts eintritt. — Die Kinder werden durch diese Schulbäder in wirksamster Weise zur Reinlichkeit des Körpers und der Kleidung erzogen.

3. von Arbeiterbädern. In zahlreichen industriellen Etablissements sind bereits warme Brausebäder mit bestem Erfolg eingeführt.

Weitergehende, nicht nur auf eine Reinigung des Körpers abzielende Wirkungen kommen den kalten Abwaschungen und Bädern (Schwimmbädern) zu. Diese sind in heißen Klimaten ein unentbehrliches Mittel zur Entwärmung des Körpers; aber auch im gemäßigten Klima sind sie von großer Bedeutung, weil sie bei systematischer Anwendung die Reaktionsfähigkeit der Haut in erheblichem Grade steigern und die Disposition für Erkältungskrankheiten vermindern. Schwimmbäder veranlassen außerdem noch kräftige Muskeltätigkeit und ausgiebigste Atembewegungen (s. Kap. VIII), und sind daher aus den verschiedensten Gründen zu empfehlen, insbesondere für die heranwachsende Jugend. — In den Schwimmhallen ist häufig der Wasserwechsel zu gering, so daß die Verschmutzung hochgradig wird und sogar Infektionsgefahr vorhanden ist, trotzdem durch die Tätigkeit von Protozoën eine gewisse Reinigung erfolgt. Scharfe Kontrolle in dieser Richtung ist wünschenswert. Wo ein nicht gar zu sehr verunreinigter größerer Fluß oder See zu haben ist, sollte dieser vorgezogen werden, schon weil die Abhärtung beim Baden im Freien kräftiger ausfällt.

Immer mehr Verbreitung finden Luftbäder, in denen durch die Einwirkung der bewegten kühlen Luft auf die Haut des fast völlig entblößten oder nur mit dem Hemd bekleideten Körpers starke Entwärmung der Haut und dadurch Erfrischung, Anregung des Stoffwechsels und Abhärtung erzielt wird. Mit den Luftbädern werden oft Sonnenbäder kombiniert, denen für die Gesunden geringere Bedeutung zukommt.

Diese sind von besonderem Wert bei rachitischen und sprophulösen Kindern, müssen hier aber stets unter ärztlicher Aufsicht und mit sehr vorsichtiger Steigerung der Zeitdauer angewendet werden. Zunächst soll diese nur 5 bis 15 Minuten betragen und täglich höchstens um 5—10 Min. gesteigert werden. Kopf und Nacken müssen gegen direkte Bestrahlung geschützt sein. Über die Wirkung der Bestrahlung s. S. 53; über die Behandlung Tuberkulöser s. Kap. X.

Für gesunde Kinder und auch für Erwachsene sind Licht-Luftbäder zu empfehlen, bei denen die Sonnenbestrahlung nur gelegentlich mitwirkt, während der Einfluß der bewegten Luft auf den entkleideten Körper an erster Stelle steht und systematisch ausgenutzt wird. In verschiedenen Städten haben sich solche Bäder bereits vortrefflich bewährt, um die Jugend abzuhärten und Appetit und Stoffwechsel anzuregen (vgl. S. 31). Vorbildlich sind die von A. Edinger in Frankfurt a. M. zunächst privatim geschaffenen, dann von der Stadt übernommenen Einrichtungen. Hier werden namentlich in den Ferien, aber auch während der Schulzeit Kinder einer 4wöchentlichen, nach Bedarf auch längeren, Kur unterworfen, bei der sie allmählich steigend und verschieden je nach

der Witterung bis zu 3 Stunden im Luftbad turnen, spielen und ruhen, nur mit Bodehose, ärmelloser Kittelschürze oder Badeanzug, alles aus hellem, durchlässigem Stoff, bekleidet. — Eine Ausdehnung auf Sportplätze, auf einen Teil des Turnunterrichts, auf Kindergärten und selbst Kinderspielplätze innerhalb der Stadt ist sehr zu wünschen. Übertreibungen müssen allerdings vermieden werden; im allgemeinen kommen nur „laue" Luftbäder bei 20—30° und „kühle" bei 14—20° in Betracht, die beide anwendbar sind unter entsprechender Variierung der Zeitdauer.

Literatur: Rubner, zahlreiche Abhandlungen über die Eigenschaften der Kleidung im „Archiv für Hygiene". — H. v. Meyer, Zur Schuhfrage, Zeitschr. f. Hygiene, Bd. 3. — Lassar, Über Volksbäder, Viertelj. f. öff. Ges., Bd. 19. — Marcuse, Luft- und Sonnenbäder, 1907.

Siebentes Kapitel.

Die Wohnung.

(Wohnhaus- und Städteanlagen.)

Während das Wohnhaus ursprünglich vorzugsweise zum Schutze gegen schädliche Einflüsse, namentlich gegen Wind und Wetter errichtet wurde, bezeichnet man es in neuerer Zeit vielfach als Quelle von Gesundheitsstörungen und als besonders verdächtigen Teil unserer Umgebung. In der Tat führt das Leben im Hause und speziell das Zusammenwohnen mit zahlreichen anderen Menschen zu einer Reihe von Gefahren, die um so beachtenswerter erscheinen, als der zivilisierte Mensch den weitaus größten Teil seines Lebens im Wohnhaus zubringt. Beim Bau und bei der Einrichtung des Hauses, bei der Häufung der Häuser zu größeren Komplexen, bei der Versorgung mit Wärme, Luft und Licht, bei der Beseitigung der Abfallstoffe usw. kann es zur Verletzung derjenigen hygienischen Vorschriften kommen, die in den vorstehenden Kapiteln aufgestellt und begründet wurden. Solche Abweichungen von der hygienischen Norm werden dadurch befördert, daß sehr verschiedene Interessen beim Bau und der Einrichtung des Hauses konkurrieren; so die Kosten der Anlage, dann soziale und ästhetische Motive, ferner Rücksichten auf Feuers- und Einsturzgefahr. Es ist zweifellos schwierig, die Forderungen der Hygiene mit allen diesen berechtigten Interessen in Einklang zu bringen.

Die daraus sich ergebenden hygienischen Beziehungen des Wohnhauses sind in folgendem in der Weise erörtert, daß die Darstellung dem Bau des Hauses gleichsam folgt. Zunächst ist der Bauplatz, die verschiedene Form des Wohnhauses, die Aufstellung des Bebauungsplanes und die Bauordnung besprochen; dann die Fundamentierung, der Bau und die innere Einrichtung des Hauses; ferner die speziellen Vorrichtungen zur Regulierung der Temperatur, zur Lüftung und Beleuchtung; schließlich die in großen Städten besondere Berücksichtigung erheischenden Einrichtungen zur Entfernung der Abfallstoffe und zur Leichenbestattung.

I. Vorbereitungen für den Bau des Wohnhauses.

A. Wahl und Herrichtung des Bauplatzes.

Ist die Wahl des Platzes freigestellt, so sind die Seite 92 betonten Einflüsse der Oberflächengestaltung und die hygienischen Bedenken einer

stärkeren Feuchtigkeit zu berücksichtigen; der Boden soll jedenfalls porös, trocken und frei von stärkeren Verunreinigungen sein.

Die Trockenlegung eines feuchten Baugrunds muß sich nach der Ursache der Bodenfeuchtigkeit richten. Gehört der Bauplatz zum Überschwemmungsgebiete eines Flusses, so kann eventuell durch Regulierung des Flusses bzw. durch starke Aufschüttung des Terrains geholfen werden. Ist diese Abhilfe nicht in befriedigender Weise zu beschaffen, so ist ein solcher Platz für die Errichtung menschlicher Wohnungen völlig ungeeignet.

Oder die Ursache der Feuchtigkeit liegt in einem zeitweise zu geringen Abstande des Grundwassers von der Bodenoberfläche. Für jedes Bauterrain soll der maximale Grundwasserstand durch längere Beobachtung bekannt sein, und letzterer darf die Kellersohle des Hauses, welche 1½—2 m unter die Bodenoberfläche herabreicht, niemals berühren.

Ist diese Forderung nicht erfüllt, so muß der Abstand zwischen Grundwasser und Bodenoberfläche künstlich vergrößert werden, und zwar dadurch, daß man entweder das Terrain aufschüttet, oder den Grundwasserspiegel senkt mittels Drainierung des Untergrundes bzw. mit Hilfe der Kanalisation, welche schon aus anderen Gründen in jeder größeren Stadt eingeführt zu werden pflegt. Bei sehr großen Grundwasseransammlungen ist allerdings eine Tieferlegung durch Drainrohre oder Kanäle nicht zu erzielen; dagegen kann bei kleineren Grundwassermassen eine sehr vollständige Besserung des Bauplatzes durch eine dieser Maßnahmen oder deren Kombination erfolgen.

Zuweilen ist schon durch Anpflanzung schnell wachsender Pflanzen Abhilfe zu schaffen, welche große Mengen von Wasser verdunsten. Dazu eignen sich z. B. Wasserreis, die Sonnenblume und namentlich der blaue Gummibaum (Eucalyptus globulus).

Drittens kann eine feuchte Beschaffenheit des oberflächlichen Bodens dadurch bedingt sein, daß dichter, schwer durchlässiger (z. B. lehmiger) Boden von geringer Neigung des Terrains vorliegt. Die Niederschläge werden dann in Form von oberflächlichen Ansammlungen lange zurückgehalten. Ist solcher Boden mit dichtem Buschwerk besetzt, so wird die Verdunstung gehindert und es kommt zu anhaltender Durchfeuchtung. — In diesem Fall ist die Oberfläche zu aptieren, mit bestimmter Neigung und Abfluß zu versehen, die Büsche und Sträucher sind teilweise zu entfernen und statt dessen Rasen anzupflanzen.

B. Die verschiedenen Formen des städtischen Wohnhauses und ihre hygienische Bedeutung.

In England, Holland und im Nordwesten Deutschlands herrscht das Bestreben vor, für eine, höchstens zwei Familien kleine 1—2stöckige Häuser zu bauen, weil diese mehr wie andere Wohnungen geeignet sind, den Sinn für Häuslichkeit und Familienleben zu wecken, und weil die einzelne Familie dann unabhängig von den Nachbarn ihren Neigungen entsprechend leben kann. Diese „Kleinhäuser“ stehen entweder ganz frei, von Gärten und Höfen umgeben; oder es ist geschlossene Bau-

weise eingehalten, die Häuser stehen als „Reihenhäuser“ unmittelbar nebeneinander, und vor oder hinter dem Hause befinden sich entsprechende Reihen abgeschlossener Höfe bzw. Gärten. Selbst wenn bei dieser Bauart für eine Familie mehrere Stockwerke benötigt werden, erscheint den Bewohnern die Durchführung des Alleinwohnens wichtiger als die kleinen Unbequemlichkeiten, die aus der Verteilung der Räume auf verschiedene Etagen entstehen.

In der weit überwiegenden Mehrzahl werden indessen in den modernen Städten jetzt große Mietshäuser, Mietskasernen, deren jede zahlreiche Familienwohnungen umfaßt, in geschlossener Bauweise errichtet. Hier ist meistens das Bestreben des Besitzers darauf gerichtet, den Raum des Bauplatzes möglichst auszunutzen und auf demselben möglichst viele Menschen unterzubringen. Während solche Mietshäuser früher in Deutschland selten waren und während sie auch noch in England und im Nordwesten Deutschlands nur ausnahmsweise vorkommen, sind sie jetzt in den großen, vielfach aber auch in mittleren und sogar in kleinen deutschen Städten vorherrschend geworden. Den Antrieb zu dieser Änderung der Bauweise hat das Zusammenströmen der Bevölkerung vom Lande in die Städte gegeben, das mit dem mächtigen Aufschwung der Industrie in den 60er und 70er Jahren eingesetzt und dazu geführt hat, daß in den letzten 40 Jahren in Deutschland die städtische Bevölkerung von 36 % der Gesamtbevölkerung auf über 60 % gestiegen, und die ländliche Bevölkerung von 64 % auf unter 40 % gefallen ist. Diesen andringenden Menschenmassen glaubte man nur durch den Bau der großen Mietshäuser genügend Wohnungen schaffen zu können.

Den daraus sich jetzt ergebenden Zustand kennzeichnen zwei tabellarische Übersichten. Die erste liefert einen Ausdruck für das Zusammendrängen der Menschen auf der Bodenfläche und auf dem Grundstück, die sog. Besiedelungsdichte:

	Auf 1 ha entfielen Bewohner 1905	Auf 1 Gebäude Einwohner (Behausungsziffer) 1905
Berlin	723	77,5
Charlottenburg	460	64,8
Königsberg	299	30,3
Breslau	414	52,0
Stettin	331	37,8
Hannover	271	21,0
Cöln	318	16,4
Frankfurt a. M.	275	18,8
Bremen	—	8,0
Mittel in englischen städtischen Bezirken	—	5,4
„ „ „ ländlichen „	—	4,6

Die zweite gibt ein Bild der Wohndichtigkeit in den Großstädten, d. h. des Zusammendrängens der Haushaltungen und Menschen in den Häusern und Wohnräumen:

	Von 100 Wohnungen waren		Von 1000 Bewohnern wohnten 1905 in Wohnungen mit Zimmern:				
	Wohnungen mit 1 heizb. Zimmer 1905	Wohnungen mit 2 heizb. Zimmern 1905	1	2	3	4	5 und mehr
Berlin	49,0	30,4	417	338	125	52	69
Breslau	44,0	32,0	575	342	149	58	76
Charlottenburg .	26,8	31,0	—	—	—	—	—
München . . .	27,0	32,4	—	—	—	—	—
Hamburg . . .	21,0	31,4	170	309	277	125	118
Hannover . . .	29,0	37,4	248	377	180	77	117
Frankfurt a. M. .	—	—	60	247	330	153	211
England . . .	—	—	16	66	100	820	

In Berlin betrug 1910 die Zahl der Einzimmerwohnungen 251 550, und in diesen wohnten 768 837 Bewohner!

Zweifellos führt dieses in den meisten deutschen Großstädten bevorzugte System der Mietskasernen zu schweren sozialen Mißständen. Das Zusammendrängen zahlreichster Bewohner gibt fast unvermeidlich zu Streit der Hausgenossen und Verführung Anlaß; der Gewissenhafte, Nüchterne, Reinliche leidet unter der Unsitte der Nachbarn und gibt schließlich seine Eigenart auf; das Familienleben bietet keine Behaglichkeit, die Loslösung des einzelnen vom Hause wird befördert; häufiger Wechsel der Wohnung untergräbt die Anhänglichkeit an das Heim.

Auch in kleinen Städten und auf dem Lande gibt es allerdings Behausungen, wo der Luftraum pro Kopf des Bewohners nicht größer ist; und überfüllte Wohnungen, gemeinsame enge Schlafstätten, übele Gerüche, Unreinlichkeit kommen hier wie dort vor. Aber auf dem Lande und in der Kleinstadt kann die einzelne Familie fast immer eine Wohnung für sich haben, ein Heim, in dem sie in ihrer Eigenart nicht gestört wird; ferner können die Bewohner leicht das Freie erreichen und halten sich viel und lange in der bewegten, erfrischenden Luft des Freien auf; und wo vereinzelt eine ungünstige Wohnweise vorkommt, da liegt meist eine besondere Anspruchslosigkeit oder Indolenz der Bewohner zugrunde, während in der Großstadt durch die unerschwinglichen Mietpreise Massen von Minderbemittelten gezwungen werden, sich auf kleinstem Raum zusammenzudrängen. Das großstädtische Wohnungselend erhält sein eigentümliches Gepräge nicht sowohl durch die schlechte Beschaffenheit und die Überfüllung des einzelnen Wohnraums, son-

dern durch die Besiedelungsdichte, durch die Häufung ungenügender Wohnungen und durch das gezwungene Leben großer Menschenmengen innerhalb dicht gedrängter Haus- und Hofbauten.

Abgesehen von den sozialen und ethischen Motiven, von denen aus die Mietskaserne unbedingt bekämpft werden muß, fragt es sich aber noch, inwieweit hygienische Motive gegen sie ins Feld geführt werden können. Sind auch diese beteiligt, dann erscheint eine Ablehnung und eine gründliche Reform der großstädtischen Wohnweise ungleich dringlicher, als wenn derartige Beziehungen nicht vorliegen.

Hierüber hat man wiederholt durch statistische Erhebungen über allgemeine Sterblichkeit, über Sterblichkeit an besonderen Krankheiten, über Erkrankungsziffern, Militärtauglichkeit und Schülerkonstitution, bei Großstadtbewohnern einerseits, Kleinhausbewohnern andererseits, Aufschluß zu erhalten versucht.

Es hat sich aber herausgestellt, daß die Sterblichkeit in den Großstädten allmählich eine niedrigere Ziffer erreicht hat, als die Sterblichkeit auf dem Lande (s. die folg. Tabelle).

Die Sterblichkeit auf je 1000 Lebende betrug:

	Stadt	Land		Stadt	Land
1871—75	31,4	28,3	1891—95	24,1	24,3
1876—80	28,9	26,3	1896—00	22,2	22,2
1881—85	27,8	26,5	1901—05	19,2	19,8
1886—90	25,7	25,4	1906—08	17,8	18,2

Auf die Ursache dieser Erscheinung ist bereits S. 12 hingewiesen; in den Städten ist die Alterszusammensetzung der Bevölkerung wesentlich anders als auf dem Lande, und es sind in der Stadt viel mehr Menschen im Alter von 15 bis 50 Jahren und weniger in den gefährdeteren jüngsten und älteren Altersklassen vorhanden, weil die Großstadtbevölkerung sich zu mehr als der Hälfte durch Zuzug, selbstverständlich vorzugsweise von Menschen im besten Alter, rekrutiert.

Bei einer Zerlegung nach Alter und Geschlecht stellt sich allerdings heraus, daß die Männer von 30—70 Jahren in den Großstädten eine höhere Sterblichkeit haben, als auf dem Lande. Da aber gerade Männer Wohnungseinflüssen weniger ausgesetzt sind, als Frauen und Kinder, und da zeitlich die Verschlechterung der Wohnungsverhältnisse keineswegs mit einem Anstieg dieser Männersterblichkeit zusammengeht, ergeben sich keine Anhaltspunkte dafür, daß hier eine Schädigung durch die Wohnung vorliegt.

Auch aus statistischen Vergleichen der Sterblichkeit in Stadtteilen und Häusergruppen mit verschiedener Bauart sind verwertbare Zahlen nicht zu gewinnen, weil die soziale Lage, Ernährungs-

weise, Kinderzahl und Art der Benutzung der Wohnung wesentlich mit in Betracht kommen und die Erkennung des speziellen Wohnungseinflusses verhindern. Zu beachten ist dabei, daß auch die Wohndichtigkeit und die Überfüllung der Wohnungen nicht etwa einen der Wohnung als solcher anhaftenden Schaden darstellt, sondern eine wesentlich von der sozialen Lage des Mieters abhängige, oft wechselnde Benutzungsart der Wohnung. — Ganz verfehlt sind Vergleiche zwischen Mustersiedlungen, Gartenstädten usw. mit Großstadt-Mietshäusern in bezug auf allgemeine Sterblichkeit. Die Bewohner solcher Siedlungen stellen immer eine gewisse Auslese dar; durch Krankheiten, Alkoholismus, Leichtsinn, große Kinderzahl wirtschaftlich heruntergekommene Familien sind hier als Bewohner ausgeschlossen, und deshalb darf aus einer höheren Sterblichkeit in den eigentlichen Proletariatsquartieren nicht geschlossen werden, daß diese durch die schlechtere Bauart der Häuser bedingt sei.

Wählt man als Maßstab des Wohnungseinflusses einzelne Krankheiten, so kommt man ebenfalls nicht zu brauchbaren Ergebnissen. Die Säuglingssterblichkeit hat in den Großstädten in den letzten Jahren stärker abgenommen als auf dem Lande und zeigt jetzt in den Kleinstädten und auf dem Lande etwas höhere Ziffern, zum Teil infolge des in den Städten stärkeren Geburtenrückgangs. Nur für die Sommersterblichkeit ist in heißen Sommern ein gewisses Überragen der Großstädte wahrnehmbar. — Die Tuberkulosesterblichkeit ist allerdings in den Großstädten bei den Männern wesentlich höher als auf dem Lande, bei den Frauen und Jugendlichen aber nicht. Ein Wohnungseinfluß kann aus diesem Verhalten nicht gefolgert werden. Lokalstatistische Untersuchungen über Beeinflussung der Tuberkulosesterblichkeit durch Lüftung, Belichtung usw. der Wohnungen sind vielfach mit scheinbar deutlichem Ergebnis ausgeführt, müssen aber als entschieden fehlerhaft abgelehnt werden. Nur ein Parallelismus zwischen Tuberkulosetodesfällen und der Wohndichtigkeit in der Todeswohnung ist durch zahlreiche Erhebungen festgestellt. Die Deutung dieser Beziehung wird aber meistens dahin lauten müssen, daß die Erkrankung an Tuberkulose den wirtschaftlichen Niedergang der Familie und damit erst die Minderwertigkeit und Überfüllung der in den letzten Stadien der Krankheit notgedrungen bezogenen Wohnung veranlaßt hat.

Auch die Morbiditätsstatistik bietet einstweilen keine Handhaben für die Feststellung von Wohnungseinflüssen. — Dagegen weisen Erhebungen über Militärtauglichkeit und über Schülerkonstitution darauf hin, daß auf dem Lande hygienisch günstigere Verhältnisse vorliegen als in der Stadt. Soweit hier Wohnungseinflüsse mitwirken, scheint nicht sowohl der Zustand im Innern der Einzelwohnung und die Wohndichtigkeit — die auch auf dem Lande oft

sehr schlecht sind —, als vielmehr die Entbehrung des Aufenthaltes im Freien durch die Konglomeration in großen Häuserkomplexen, also die Besiedelungsdichtigkeit, in Betracht zu kommen.

Im ganzen ist die aus statistischen Erhebungen gewonnene Ausbeute für die Erkenntnis der hygienischen Nachteile der Großstadtwohnungen gering, weil offenbar das Problem zu kompliziert und die Zahl der die Sterblichkeit und Gesundheit beeinflussenden Faktoren zu groß ist.

Der einzige Weg, um zu einer genaueren Erkenntnis der hygienisch bedeutsamen Wohnungseinflüsse und ihres Verhaltens in Miet- und Kleinwohnungen zu kommen, besteht vielmehr in einer Prüfung, inwieweit wichtige Einflüsse, deren Bedeutung für Gesundheit und Leben empirisch oder experimentell festgestellt ist, in der einen Kategorie von Wohnungen besser vertreten sind als in der anderen.

Man hat diese Einflüsse bisher wohl mit dem Schlagwort „Luft und Licht“ zu erschöpfen vermeint. Die Verschlechterung der Luft durch die Exspirationsprodukte der Bewohner und das Fehlen der günstigen Lichtwirkung auf den menschlichen Organismus sollten vorzugsweise die hygienische Minderwertigkeit der Wohnungen bedingen.

Einer strengeren Kritik hält diese Anschauung aber nicht stand. Wie oben ausgeführt wurde, läßt sich für die sog. Luftverschlechterung durch die Bewohner eine meßbare akute oder chronische Gesundheitsstörung nicht mit Bestimmtheit nachweisen (s. S. 79). Ebenso ist das Licht durch seine Helligkeitsstrahlen für die Sehleistungen von Bedeutung, und es beeinflußt in hohem Maße Stimmung und Arbeitsfreudigkeit der Bewohner. Aber die Allgemeinwirkungen auf den Stoffwechsel und die Abtötung von Krankheitskeimen, die im Freien beobachtet werden, kommen in den Wohnungen in ganz unvollkommener, belangloser Weise zustande.

Es ist wichtig dies zu betonen, weil sonst ganz falsche Folgerungen für die Bewertung der Kleinhäuser und der Miethäuser gezogen werden könnten. Kommt es nur auf „gute Luft“ und ausreichendes Licht in den Wohnungen an, dann läßt sich das Miethaus sehr leicht dem Kleinhaus gleichwertig machen. Gerade in großen Miethäusern lassen sich gute Lüftungseinrichtungen und hohe Fenster mit großer lichtgebender Fläche sehr wohl herstellen, und solche Häuser müßten dann womöglich den Kleinhäusern als überlegen angesehen werden.

Die wirklich hygienisch bedeutungsvollen Einflüsse, auf die es hier vorzugsweise ankommt und die zu Erkrankung und Tod führen können, sind ganz andere. Einmal kommen die Temperatureinflüsse der Wohnungen in Betracht, die sich in der Säuglingssterblichkeit der Großstädte in den Hochsommermonaten zu erkennen geben. Wie in Kap. VIII

ausgeführt ist, hängt die Zahl derartiger Todesfälle in hohem Maße von der Wohnungstemperatur im Hochsommer ab, die in den vom kühlenden Einfluß des Erdbodens weiter entfernten höheren Stockwerken der Mietskasernen und infolge der Häufung innerer Wärmequellen hier stets erheblich höher ist, als in den kleineren Familienhäusern.

Zweitens ist die Ausbreitung ansteckender Krankheiten durch die Mietskasernenwohnung begünstigt, weil in dicht bevölkerten Häusern das Fernhalten des Kontagiums von den übrigen Bewohnern bei Diphtherie, Scharlach, Masern, Typhus, Ruhr und Tuberkulose auf größere Schwierigkeiten stößt. Je mehr die Häuser zusammengedrängt stehen und je mehr im einzelnen Mietshaus gemeinsame Räume und Einrichtungen in Benutzung sind, um so größer wird die Gefahr der Ausbreitung von einer erkrankten Familie auf die andere. Durch Treppenhaus und Flur, durch Waschküche und Trockenboden, durch Klosett, Wasserzapfstelle oder Brunnen, durch den Verkehr und die Spiele der Kinder im Hof und vor den Häusern im Hause wird reichlich Gelegenheit zu weiteren Übertragungen geboten. — Innerhalb der einzelnen Wohnung ist die Wohndichtigkeit, d. h. die Zahl der Bewohner pro Zimmer, von Einfluß auf die Verbreitung der Kontagien innerhalb der Familie. Zwar begegnet man großer Wohndichtigkeit auch in ländlichen und in Kleinhäusern; aber in den Mietskasernen ist sie ungleich häufiger, und in Komplexen von solchen Häusern wird die Verbreitung von Kontagien vom Kranken auf Gesunde sich leichter vollziehen, weil bei Überfüllung des Wohnraums eine Absonderung des Kranken und ein Vermeiden der Ausstreuung von Kontagium auf entsprechend größere Schwierigkeiten stößt. Wenn trotzdem die Statistik der meldepflichtigen Krankheiten eine Steigerung in den Großstädten oft nicht hervortreten läßt, so liegt das daran, daß hier die Erkennung der ersten Krankheitsfälle, die Isolierung der Kranken im Krankenhaus und die Desinfektion besser geregelt ist, und daß zentrale Wasserversorgung und Kanalisation die Fortschaffung der Exkrete erleichtern.

Ein ganz besonderer Nachteil der großen Miethäuser liegt dann aber noch darin, daß es für die Bewohner auf Schwierigkeiten stößt, sich im Freien aufzuhalten und namentlich die Kinder soviel als möglich ins Freie zu bringen. S. 31 und S. 80 ist genauer ausgeführt, weshalb insbesondere für den wachsenden Körper Bewegung im Freien von allergrößter Bedeutung ist. Bei dauerndem Aufenthalt im geschlossenen Raum verkümmern die Kinder, werden disponiert für Rachitis, sind fortgesetzt von Erkältungskrankheiten heimgesucht, zeigen ungesunde Gesichtsfarbe. Aus den oberen Stockwerken der Miethäuser können die Kinder aber nur selten und für kurze Zeit ins Freie gebracht werden, weil der Zeitaufwand und die Mühe zu groß sind. Auch ist inmitten

solcher Miethäuser oft schwer ein Fleck zu finden, wo die Kinder in wirklich freier, bewegter Luft sich tummeln können. Kleinhäuser haben dagegen fast stets ein Gärtchen, das trotz seiner geringen Größe immerhin Aufenthalt und Bewegung im Freien ermöglicht; und in solchen Siedelungen pflegt auch die Straße so wenig Verkehr zu bieten, daß sie als Spielplatz eintreten kann. Für die ganze Entwicklung unserer Jugend ist dieser Vorzug der Kleinhäuser von nicht zu unterschätzender Bedeutung. Er ist in erster Linie verantwortlich zu machen für die bessere Konstitution der ländlichen Bevölkerung; und volle Berücksichtigung dieses Unterschieds zwischen Miethaus und Kleinhaus ist bei der Wahl der Bauart des Hauses vom hygienischen Standpunkt aus auf das entschiedenste zu verlangen.

Von den Anhängern der Mietkaserne wird gern eingewendet, daß doch schließlich nur diese die Möglichkeit bot und bietet, um die in die Städte drängenden Menschenmassen unterzubringen. Daß das nicht richtig ist, geht aus dem Beispiel Englands hervor, wo 40 Jahre früher, als bei uns ganz die gleiche Zuwanderung vom Lande in die Städte erfolgte, wo aber trotzdem die Wohnungsverhältnisse in den Städten sich kaum anders gestalteten, wie auf dem Lande und wo die Mietkaserne eine sehr geringe Ausbreitung erfahren hat.

Übrigens muß hervorgehoben werden, daß in den letzten Jahren infolge der starken Verschiebung der Einkommensverhältnisse das Wohnungselend in der bisherigen minderbemittelten großstädtischen Bevölkerung sehr stark abgenommen hat. Die Überfüllung der kleinsten Wohnungen, das Schafgängerunwesen usw. haben nachgelassen, die kleinen Familienwohnungen sind vergrößert, und die teils hieraus, teils aus dem gesteigerten Zuzug sich ergebende Wohnungsnot hat andererseits zu einer Beschneidung zahlreicher mittlerer und größerer Wohnungen, vielfach unter Anwendung von Zwangseinquartierung geführt. Wie zur Zeit die Wohnungsverhältnisse in den Großstädten wirklich liegen, ist schwer zu übersehen und kann erst durch neue statistische Erhebungen festgestellt werden.

C. Die Reform des städtischen Wohnungswesens.

1. Vorläufige Abhilfemaßregeln.

Eine rasche, gründliche Abhilfe gegenüber den hygienischen Schäden, welche die moderne Wohnweise in den deutschen Städten mit sich bringt, ist selbstverständlich nicht möglich. Es wird noch viele Jahrzehnte dauern, bis der hygienisch bessere Kleinhausbau zur Regel und die großen Mietkasernen zur Ausnahme geworden sind.

Nun ist es aber ein höchst beunruhigender Gedanke, mit so langen Fristen rechnen zu müssen, wenn es sich um die vorhin aufgezählten recht *ernsten* Gefahren für die *Gesundheit* handelt. Gegen *diese* Gefahren müssen wir *rasch* nach Möglichkeit Schutz zu gewähren suchen, und wir können dies wenigstens teilweise erreichen durch Maßnahmen, die mit dem Wohnungsbau gar nicht unmittelbar verknüpft sind, sich aber ohne Zeitverlust durchführen lassen. — So kommen für die Bekämpfung der *Säuglingssterblichkeit* die Förderung der Brustnahrung, die Einrichtung von Säuglingsfürsorgestellen und Krippen, die Bereitstellung kühler Aufenthaltsräume für gefährdete Säuglinge während der Hitzeperioden usw. in Betracht (vgl. Kap. VIII). Zur Bekämpfung der *ansteckenden* Krankheiten hilft die tunlichste *Entlastung der Wohnung* von solchen *Kranken* und eine gut organisierte häusliche Krankenpflege. Um ferner einen zeitweisen *Aufenthalt im Freien* in den bestehenden Straßenzügen nachträglich zu ermöglichen, müssen vorhandene Schmuckplätze, gärtnerische Anlagen, Verkehrsinseln, Alleen in der Mitte der Straßen usw. zu Ruheplätzen für Erwachsene und namentlich zu Spielplätzen für kleinere Kinder umgewandelt werden; auch an Bürgersteigen, deren Breite über das Verkehrserfordernis hinausgeht, lassen sich Streifen abtrennen, die für diese Zwecke verwendbar sind. Für Kinder aus solchen von Grund aus nicht mehr zu ändernden Mietkasernen-Vierteln muß außerdem durch die in der Peripherie anzulegenden größeren Grünflächen, durch Walderholungsstätten, Luftbäder, Ferienkolonien usw. besonders gut gesorgt werden.

In der Hauptsache wird es aber darauf ankommen, die Wohnungsverhältnisse selbst von Grund aus zu bessern, und zwar das System der Mietkaserne möglichst einzuschränken und den Bau *kleinerer Häuser für einzelne oder für eine beschränkte Zahl von Familien* zu begünstigen. In dieser Richtung bedeutungsvoll sind zweckmäßige städtische Bebauungspläne, Bauordnungen, Wohnungsaufsicht und planmäßige Förderung der Errichtung kleinerer Wohnhäuser.

2. *Bebauungspläne und Straßenanlagen.*

Sobald eine größere Siedelung oder die Erweiterung einer Stadt in Aussicht steht, muß ein bestimmter *Bebauungsplan* aufgestellt werden. Dabei ist von vornherein z. B. zu erwägen, ob eine Verteilung der Bevölkerung in der Weise möglich sein wird, daß die Großindustrie, Fabriken und Arbeiterquartiere in einem peripheren Teile vereinigt werden, während den Gewerbetreibenden mehr die zentralen Teile, und der geistig arbeitenden Bevölkerung, welche berechtigten Anspruch auf eine gewisse Ruhe der Umgebung hat, andere periphere Abschnitte überlassen

werden. Falls eine solche Trennung möglich ist, können zahlreiche unzuträgliche Kollisionen vermieden werden.

Ferner ist zu erwägen, ob die neuen Stadtteile besser ihre besonderen Zentren (Märkte, Bahnhöfe, Vergnügungslokale usw.) erhalten und ob dadurch eine Dezentralisation angestrebt werden soll; oder ob die Interessen der Stadt eine gewisse Abhängigkeit vom zentralen Kern wünschenswert machen.

Schon frühzeitig sind die Hauptstraßenzüge, Plätze, Eisenbahn- und Straßenbahnlinien festzulegen, während die Details der weiteren Einteilung erst bei Beginn der Bautätigkeit normiert werden.

Das für Preußen am 18.3.1918 erlassene neue Wohnungsgesetz enthält Änderungen der bisherigen Bestimmungen in folgenden hygienisch wichtigen Punkten:

1. „Im Interesse des Wohnungsbedürfnisses ist darauf Bedacht zu nehmen, daß in ausgiebiger Zahl und Größe Plätze (auch Gartenanlagen, Spiel- und Erholungsplätze) vorgesehen werden."

Diese Bestimmung entspricht in der Tat dem hygienischen Bedürfnis. Nicht als ob durch die Plätze und deren Bäume eine nennenswerte chemische Verbesserung der Luft bewirkt werden könnte; sondern die freiere Luftbewegung erfrischt die Passanten und kommt den anliegenden Wohnungen zugute. Vor allem aber sollen sie Kindern und Erwachsenen Gelegenheit zu dem so wichtigen Aufenthalt im Freien geben. Von diesem Gesichtspunkt aus sollen nicht Schmuckplätze geschaffen werden, sondern zahlreiche kleinere Plätze mit Sitzgelegenheiten für Erholungsbedürftige und Spielgelegenheit für Kinder; ferner müssen größere, für Sport geeignete Plätze für die heranwachsende Jugend und Parkanlagen für Spaziergänger vorhanden sein. — Die meisten deutschen Städte stehen in dieser Beziehung gegen andere Länder und namentlich England noch erheblich zurück. Auf den Kopf der Bevölkerung kommen jetzt an „Grünflächen" (Park-, Garten- und Schmuckanlagen) in Berlin 2,2 qm; in Leipzig 1,8; in London 5,3. Dazu kommt, daß z. B. in Berlin fast die Hälfte der Grünflächen auf den Tiergarten entfällt, der für die Mehrzahl der Bewohner schwer erreichbar ist, und daß in England dem Publikum viel mehr Freiheit gewährt wird, die Grünflächen auch wirklich zur Erholung zu benutzen. — Ein wichtiges Aushilfsmittel haben die deutschen Städte in den Schrebergärten oder Laubenkolonien, die von Schreber in Leipzig 1833 ins Leben gerufen wurden. Die kleinen Familiengärten, die gegen billige Pacht von städtischen Verwaltungen oder gemeinnützigen Gesellschaften abgegeben werden, sind außerordentlich beliebt, und die Familien scheuen weite Wege und viel Arbeit nicht, um sich in der Peri-

pherie der Stadt ein Gartenheim zu schaffen, das sie inmitten der Mietkasernen nicht haben können. Zu verwerfen ist die Generalverpachtung größerer Komplexe; empfehlenswert die Anlage von Spielplätzen, Milchschankhäuschen usw. inmitten der Kolonien.

2. Eine zweite wichtige Bestimmung lautet: „Für Wohnzwecke sind Baublöcke von angemessener Tiefe und Straßen von geringerer Breite entsprechend dem verschiedenartigen Wohnungsbedürfnis zu schaffen."

Das Wohnungselend in den großen deutschen Städten ist zum größten Teil darauf zurückzuführen, daß bei den Bebauungsplänen in den 60er Jahren Straßen von 25—30 m bis in die äußerste Peripherie unterschiedslos projektiert wurden. Um dann nicht gar zu viel Terrain durch Straßenland zu verlieren, wurden große Baublöcke geschnitten, 3—400 m lang und 150—300 m breit, so daß auf das einzelne Grundstück 70—80 m Tiefe entfiel. Diese wurden dann nicht nur mit hohen Vorder-, sondern auch mit Seiten- und Hinterhäusern besetzt; infolge dieser starken Ausnutzung konnten hohe Grundstückpreise bezahlt werden, und so entstand eine Bodenspekulation und eine Verteuerung der Grundstücke bis in die äußerste Peripherie, die wiederum jeden Grundstückkäufer zu einer dichten Besetzung mit hohen Miethäusern zwang.

Richtig ist es, zunächst 20—30 m breite, radial vom Verkehrszentrum nach der Peripherie führende Verkehrsstraßen festzulegen, mit geraden Linien und rechtwinkligen Kreuzungen. Breite Ring- und mäßig breite Diagonalstraßen vervollständigen das Verkehrsnetz. Daneben aber sind zahlreiche Wohnstraßen vorzusehen, die nur eine Breite von 7—9 m zu haben brauchen (davon 5 m für den Fahrdamm). Dann entstehen kleine Baublocks und Häuser von nicht mehr als 2—3 Etagen, die Hinterhäuser fallen fort, Garten- und Hofräume oder Vorgärten (die in Wohnstraßen ebenfalls benutzbar sind) können ausgespart werden. — Man hört oft den Einwand, daß bei dieser Bauart viel weniger Menschen auf der gleichen Fläche untergebracht werden können, als beim Mietkasernensystem. Jedoch trifft dies nicht zu, sobald reichliche, möglichst schmale Wohnstraßen vorgesehen werden.

3. Als dritte Neuerung schreibt das Wohnungsgesetz vor, daß „bei der Festsetzung der Fluchtlinien Baugelände entsprechend dem Wohnungsbedürfnis erschlossen werden soll". — Der Bodenspekulation soll damit möglichst entgegengewirkt werden. Wo die Zersplitterung des Grundbesitzes die Fluchtlinienpläne hindert, kann die Gemeinde die Grundstücke umlegen (lex Adickes) oder die Enteignung einleiten. Die Kommunen sollen sich möglichst selbst einen großen Grundbesitz in verschiedenen Stadtteilen sichern, um den Grundstücksmarkt einigermaßen zu beherrschen; und damit nicht aus spekulativen

Absichten Gelände von der Bebauung zurückgehalten wird, ist das unbebaute Gelände zu besteuern.

Durch diese und einige ergänzende Bestimmungen des neuen Wohnungsgesetzes wird es gelingen, in Zukunft dem ausschließlichen Bau hoher Stockwerkhäuser schon durch die Bebauungspläne entgegenzutreten.

Für die Straßenanlagen kommen noch folgende Gesichtspunkte in Betracht: Die Straßenrichtung soll womöglich nicht rein äquatorial (West-Ost) sein. Es resultiert hierbei eine ausgeprägte Schatten- und eine Sonnenseite, welche enorme Differenzen im Klima ihrer Häuser aufweisen; bei der nach Süden gerichteten Fensterfront erfolgt im Sommer infolge des Hochstandes der Sonne nur ein geringer Einfall von Sonnenlicht, dagegen im Winter bis weit in die Zimmer hinein, es liegen hier also die günstigsten Verhältnisse vor. Um so schlechter ist die Nordseite bedacht. Der Mangel an Sonne kann hier nicht etwa durch die Südlage der Rückseiten ausgeglichen werden, da infolge der Bauart der Häuser hier gewöhnlich nur Wirtschaftsräume, Treppenhäuser und Schlafzimmer liegen. — Bei meridionalen Straßenrichtungen (Nord-Süd) ist die Insolation gleichmäßiger auf beide Seiten verteilt, aber sie wirkt wegen der im Sommer tief in die Fenster dringenden Sonne ungünstiger wie auf der Südseite.

Diese Verhältnisse liegen allerdings nur vor bei frei oder an sehr breiten Straßen liegenden Häusern. Ist die Straßenbreite gleich der Häuserhöhe oder geringer, so werden die Verhältnisse in äquatorial gerichteten Straßen wesentlich ungünstiger, indem dann die nach Süden gerichtete Fensterfront im Winter in allen Stockwerken überhaupt keinen Sonneneinfall hat. Die Fenster des unteren und zuweilen auch die des zweiten Stockwerks bekommen unter diesen Umständen sogar schon im Herbst und Frühjahr keine Sonne. Die Vorschrift des am 25. 4. 1919 vom Staatskommissar für das Wohnungswesen erlassenen „Entwurfes einer Bauordnung“ (§ 26), daß jede Wohnung wenigstens einen durchsonnten Wohnraum haben muß, wird also unter Umständen ganz undurchführbar sein. Zu beachten ist, daß die Dauer des Einfalls der Sonnenstrahlen in ein Zimmer, die „Durchsonnung“ nicht mit der Besonnungsdauer der entsprechenden Außenwand übereinstimmt. Vielmehr ist sie infolge des schrägen Einfalls der Strahlen und der Dicke der Mauern in der Regel erheblich kürzer. Eine Übersicht über diese Verhältnisse für Berlin gibt nachstehende Tabelle, unter Annahme einer Straßenbreite und Haushöhe von 22 m, einer Mauerstärke von 0,5 m und einer Fensterbreite von 1,5 m (im ersten Stab bedeuten die römischen

Ziffern die Stockwerklage, die Bezeichnung „frei“, daß die Wand frei steht; in den folgenden Stäben bedeuten die arabischen Ziffern die Zahl der Sonnenscheinstunden bzw. der Kalorien):

		Sommersolstitium			Aequinoktien			Wintersolstitium		
		Dauer der Besonnung der Wände Std.	Dabei pro qm zugestrahlte Kalorien	„Durchsonnung“ Dauer des Einfalls der Sonnenstrahlen ins Zimmer Std.	Dauer der Besonnung der Wände Std.	Dabei pro qm zugestrahlte Kalorien	„Durchsonnung“ Dauer des Einfalls der Sonnenstrahlen ins Zimmer Std.	Dauer der Besonnung der Wände Std.	Dabei pro qm zugestrahlte Kalorien	„Durchsonnung“ Dauer des Einfalls der Sonnenstrahlen ins Zimmer Std.
Norden	Frei	7	860	4	} —	} 0	} —	} —	} 0	} —
	V	5½	780	2½						
	III	} 3½	} 508	} ½						
	I									
Süden	Frei	} 9¼	} 2660	} 6½	12	4150	} 8½	7½	2260	7½
	V				} 10	} 4070		} —	} 0	} —
	III									
	I				2	84	—			
Ost (West)	Frei	8¼	3360	7½	6	1870	5	3¾	340	2½
	V	7	3160	6¼	5	1490	4	2½	260	1¼
	III	5	2160	4¼	3	630	2	1½	105	¼
	I	3½	1230	2¾	2¼	340	1¼	1	50	—
Südost (SW)	Frei	10	3330	7¾	8½	3460	7	7	1555	5
	V	9¾	3330	7¾	7½	3320	6	4¼	880	2¼
	III	8¾	3270	7¾	4¾	1900	3¼	1¼	56	—
	I	6¾	2800	5¾	3¼	1000	1¾	½	8	—
Nordost (NW)	Frei	6½	2035	5½	3½	486	2¼	} ½	} 3	} —
	V	5¼	1868	4¼	2½	400	1¼			
	III	3¾	1195	2¾	2	305	¾			
	I	2¾	740	1¾	1½	210	¼			

Gegen den meridionalen Verlauf der Straßen hat man eingewendet, daß dieser durch die herrschende W i n d r i c h t u n g nachteilig beeinflußt werde. In Norddeutschland sind äquatoriale Winde häufiger, und diese bewirken eine lebhaftere Ventilation in den gleichgerichteten Straßen und deren Häuser. — Danach würden die Straßen am günstigsten liegen, welche von Nordost nach Südwest bzw. von Nordost nach Südost gerichtet sind, so daß sowohl Sonne wie Wind gut ausgenutzt und möglichst gleichmäßig verteilt werden. Man wird jedoch in den seltensten Fällen allen konkurrierenden Gesichtspunkten Rechnung tragen können, zumal auch technische und künstlerische Interessen mitzusprechen pflegen.

Zur P f l a s t e r u n g der Straßen soll ein Material benutzt werden, das möglichst wenig Staub liefert, also hart und schwer zerreiblich ist. Ferner ist ein gleichmäßiges Quergefälle, je nach dem Material 15—70 Promille, einzuhalten,

welches schnelles Abfließen des Wassers und leichte Reinigung ermöglicht. Etwaige Zwischenräume zwischen den Pflastersteinen sollen mit fest zusammenhängender, nicht staubender Füllung gedichtet sein. Vorzuziehen ist fugenloses Pflaster aus Gußasphalt oder Zementbeton mit Decke von Stampfasphalt. In England hat sich Holzpflaster mit Teerfüllung der Fugen seit lange bewährt. Chaussierte Fahrstraßen sind in Städten ganz zu verwerfen. — Zur Schonung des Pflasters ist es wichtig, daß nicht bei jeder Reparatur von Wasser-, Gas-, und Telephonleitungen usw. das Pflaster der Fahrstraße aufgerissen werden muß. Um das zu erreichen, legt man jene Leitungen entweder in besondere unterirdische Tunnel (teuer); oder man bringt sie unter der Decke der größeren Abzugskanäle an; oder man verlegt sie in eine Kiesbettung unter dem Fußsteig und macht sie dadurch viel leichter zugänglich.

Bezüglich der Unterhaltung der Straßen und Plätze hat die Hygiene eine sorgfältige Reinigung und bei austrocknender Luft reichliche Besprengung mit Wasser zu fordern; erstere, um Infektionen von der Bodenoberfläche aus nach Möglichkeit einzuschränken; letzteres, um die Belästigung der Atmung durch staubige Luft zu hindern. — Versuche, dem lagernden Staub durch Besprengen mit Teer, Mineralölen, Westrumit, Chlorkalzium u. dgl. die Flugfähigkeit zu nehmen und dadurch den Straßenstaub zu beseitigen, haben ein gutes Resultat ergeben. Der Teer wird durch besondere Maschinen fein verteilt auf die trockene und reine Straße gebracht. Bei Chausseen wird zweckmäßig die oberste Schicht Schotter vor dem Aufbringen in heißem Teer gekocht.

3. Bauordnung und Wohnungskontrolle.

Der Erlaß von Bauordnungen ist im neuen Wohnungsgesetz den lokalen Polizeibehörden überlassen; jedoch sind 1919 seitens des Preußischen Staatskommissars für das Wohnungswesen in den „Baupolizeilichen Vorschriften" gewisse Richtlinien gegeben, die bei der Neuaufstellung von Bauordnungen zu beachten sind. Die Bauordnungen sollen der Einsturz- und Feuersgefahr der Gebäude Rechnung tragen, jeder Wohnung genügend Luft und Licht schaffen und dem übermäßigen Zusammendrängen der Menschen vorzubeugen suchen. Sie enthalten vorzugsweise folgende hygienisch wichtige Vorschriften:

a) Ein gewisser Bruchteil des Grundstücks muß als Hof und Gartenraum übrig bleiben; derselbe soll im Verhältnis stehen zur Zahl der Wohnungen auf einem Grundstück; meist wird er auf mindestens ein Drittel des Bauterrains normiert.

b) Bezüglich der Bauflucht wird verlangt, daß die Gebäude entweder die Straßenlinie genau einhalten, oder es wird ein Zurückweichen hinter die Fluchtlinie bis zu 3 m gestattet. Im hygienischen Interesse ist letzteres belanglos, da die entstehenden Vorgärten für die Bewohner des Hauses nicht benutzbar sind; sie können dies in verkehrsarmen Straßen höchstens bei stärkerem Zurückweichen werden.

c) Zahlreiche Bestimmungen regulieren den Abstand der Gebäude voneinander.

Bezüglich des seitlichen Abstandes wird unterschieden zwischen geschlossener Bauweise, Bauten mit geringen Abständen, und offener Bauweise, (Pavillonsystem). Bei der geschlossenen Bauweise müssen Brandmauern, d. h. massive Mauern ohne jede Öffnung in Abständen von mindestens 40 m hergestellt werden. Ist ein Abstand zwischen zwei Häusern vorhanden, so ist gewöhnlich bestimmt, daß, falls derselbe unter 5 m beträgt, mindestens eine Mauer als Brandmauer fungiert; geht der Abstand über 5 m hinaus, so dürfen beiderseits Öffnungen angelegt werden.

Diese in vielen Städten noch jetzt geltenden Bestimmungen, die vorzugsweise die Feuersicherheit berücksichtigen, befriedigen nicht vom hygienischen Standpunkt. Die kleinen Abstände unter 5 m sind zu verwerfen, weil auch dann, wenn beiderseits Brandmauern sie begrenzen, Winkel zu entstehen pflegen, die zur Ablagerung von allerlei Abfallstoffen dienen. Beträgt aber der Abstand wenig über 5 m und haben dann die Mauern Fenster, so ist nicht daran zu denken, daß durch diese die dort gelegenen Zimmer genügend Luft und Licht erhalten. Man muß dann verlangen, daß für diese Zimmer noch andere Licht- und Luftöffnungen existieren, oder daß die betreffenden Räume nicht zum Wohnen benutzt werden. Erst dann, wenn der seitliche Abstand ungefähr der Haushöhe gleichkommt, ist auf eine ausreichende Licht- und Luftzufuhr zu rechnen. Andernfalls ist auf seitliche Abstände ganz zu verzichten und die geschlossene Bauweise zu empfehlen.

Vom gegenüberliegenden Hause soll die Front mindestens um die Haushöhe entfernt sein. Man bezeichnet diese Forderung gewöhnlich durch die Formel $h = b$ (Höhe = Straßenbreite). h rechnet man bis zur Dachtraufe; sind die Dächer sehr steil und ihr Neigungswinkel größer als 45°, so ist $b = h + x$ zu rechnen, wo x eine Konstante, z. B. 6 m, bedeutet. — Bei Aufstellung dieser Formel ist offenbar nur darauf Bedacht genommen, daß das diffuse Tageslicht bis zur Sohle der Vorderfläche des Hauses gelangt (s. Fig. 44). Sollen die Parterrezimmer auch noch bis in größere Tiefe Himmelslicht erhalten, so ist ein erheblich stärkerer Abstand der Fronten notwendig. Eigentlich ist zu wünschen, daß direktes Himmelslicht bis zur Hälfte, in Zonen mit engster Bebauung bis zu ⅓ der Zimmertiefe in Höhe des Fußbodens, oder — was etwa auf dasselbe hinauskommt — auf einen vor dem Fenster befindlichen Tisch von 1 m Höhe noch bis 1 m vom Fenster einfällt (s. unter „Beleuchtung“).

Für Hinterhäuser soll die Regel $h = b$ gelten.

d) Die H ö h e der Häuser ist für manche Straßen schon durch die Bestimmung über das Verhältnis zwischen Haushöhe und Straßenbreite limitiert. Es ist aber zweckmäßig, für den Fall, daß sehr breite Straßen existieren, noch eine maximale Höhe des Hauses (von etwa 20 m) festzusetzen, da mit der Höhe des Hauses die Sommertemperatur innerhalb der Wohnungen sich steigert und die Massenansammlung von Menschen begünstigt wird. Auch hat die Statistik einen schädlichen Einfluß der hochgelegenen Wohnungen auf Tod- und Fehlgeburten nachweisen können, falls der Zugang nur mittels Treppen möglich ist. — Häuser, die nur größere Wohnungen oder Bureaus enthalten und mit Lift versehen sind, dürfen auch höher gebaut werden.

e) Damit der Häuserspekulant nicht durch zahlreiche niedrige Stockwerke sich für die Beschränkung der Haushöhe schadlos zu halten sucht, muß die Z a h l d e r S t o c k w e r k e begrenzt oder aber die m i n i m a l e l i c h t e H ö h e der bewohnten Räume auf 2½—3 m festgesetzt werden.

f) In den „baupolizeilichen Vorschriften“ des Preußischen Wohnungskommissars ist über die „R ä u m e z u m d a u e r n d e n A u f e n t h a l t v o n M e n s c h e n“ noch folgendes bestimmt:

Zu diesen gehören auch Werkstätten, Küchen, Bureaus, Verkaufsläden usw., nicht dagegen Gänge, Flure, Dielen, Treppen, Vorratsräume usw.

Alle zum dauernden Aufenthalt von Menschen bestimmten Räume müssen gegen Feuchtigkeit und Witterungseinflüsse ausreichend geschützt sein; sie müssen mit unmittelbar ins Freie führenden Fenstern von solcher Zahl, Lage, Größe und Beschaffenheit versehen sein, daß hinreichende Tagesbeleuchtung erzielt und genügende Lüftung erzielt wird. Bezüglich der Besonnung s. S. 372. — In Häusern mit mehr als 2 Vollgeschossen müssen die Räume eine lichte Höhe von mindestens 2,75 m haben; in den Obergeschossen der Mittelhäuser (höchstens 3 Vollgeschosse mit 6 Wohnungen), in Einfamilienhäusern und in Kleinhäusern (Wohngebäude mit nicht mehr als 2 Vollgeschossen und in jedem Geschoß nur einer geringen Anzahl von Kleinwohnungen, ohne Nebenwohngebäude und mit einer Gartenfläche von mindestens 200 qm) genügt eine lichte Höhe von 2,50 m.

Auf e i n e Treppe dürfen in jedem Geschoß nicht mehr als 2 Wohnungen angewiesen sein; 3 sind nur dann zulässig, wenn die Grundrißgestaltung eine Querlüftung jeder der 3 Wohnungen gestattet.

Die Fußböden müssen mindestens 0,40 m über dem höchsten Grundwasserstand liegen und gedielt oder mit anderweitigem dichten und abwaschbaren Belag versehen sein.

Die Flure und Gänge müssen ausreichend belichtet und lüftbar sein. Über Stallungen, Fabrik- und Lagerräumen dürfen Wohnräume nur eingerichtet werden, wenn feuer- und dunstsichere Decken jene abschließen und wenn der Zugang in einem besonderen Treppenraum mit massiven Wänden und feuersicherer Decke liegt.

g) Um weiträumige Bebauung mit Familienhäusern oder kleineren Miethäusern möglichst zu fördern, ist eine unterschiedliche Be-

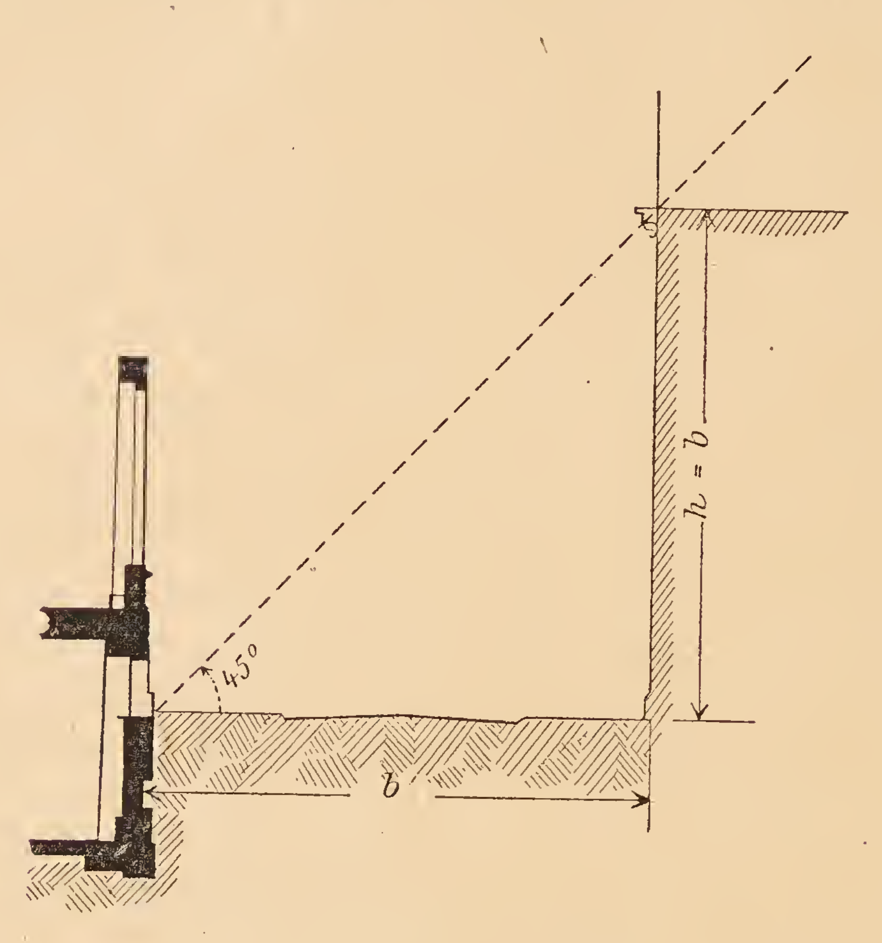


Fig. 44. Straßenbreite = Haushöhe.

handlung der Bauordnungen für das Innere, für die Außenbezirke und für die Umgebung von Städten wünschenswert und im Wohnngsgesetz vorgesehen.

Die meisten größeren Städte haben jetzt bereits eine Zonenbauordnung, d. h. eine Abstufung der Bauordnung nach zwei, drei oder mehr Bauklassen, eingeführt. Klasse I umfaßt vier- und fünfgeschossige Miethäuser, die breite Straßen voraussetzen und im eigentlichen Stadtinnern fortbestehen werden; in Klasse II sind kleinere Miethäuser, engere Straßen, Raum für Gärten und daher noch etwas größere Häuserblocks vorzusehen; Klasse III umfaßt Einfamilienhäuser und Arbeiterwohnhäuser in offener oder halboffener Bauweise und in Blöcken von geringer Tiefe, um Hinterhäuser ganz auszuschließen.

Als Beispiel einer städtischen Wohnungsordnung diene folgender Entwurf:

Artikel I.

Vorschriften über die Bauart und den baulichen Zustand der Wohnungen.

In Ergänzung der Vorschriften der Baupolizeiordnung wird für den Bau und die Instandhaltung von Gebäuden, welche Wohn- und Schlafräume enthalten, noch folgendes bestimmt:

§ 1. Das Gebäude muß so gehalten sein, daß kein augenfälliger Eindruck der Vernachlässigung und des Verfalls entsteht. Schäden des Verputzes auch an Hoffassaden sind baldigst zu beseitigen. Die Entwässerungsanlagen der Höfe müssen so gehalten werden, daß Wasseransammlungen an schadhaften Stellen nicht stattfinden können. — Die auf den Höfen vorhandenen Behälter für Abfälle und Asche müssen möglichst geruch- und staubsicher abschließbar sein.

Hausflure und Korridore sind baulich in gutem Stande zu halten. — Die Treppenläufe sind mit Handgriffen und Geländern derartig zu versehen, daß ein Hindurchfallen von Kindern ausgeschlossen ist. Die Treppen müssen so gehalten sein, daß eine Gefährdung der Benutzer unbedingt vermieden wird; ausgetretene Stufen und Lockerung der Geländer müssen beseitigt werden. — Flurfenster sind mit Brüstungen zu versehen, die ein Abstürzen unmöglich machen, die aber das Öffnen der Fenster nicht hindern.

§ 2. Dachräume, die zum dauernden Aufenthalt von Menschen dienen, müssen durch Anbringung von Verschalung und Isolierschichten gegen zu starke Erwärmung und Abkühlung geschützt sein.

Kellerräume, welche nur nach Norden, Nordost und Nordwest gerichtete Fenster haben, dürfen zum Wohnen und Schlafen nicht benutzt werden, auch wenn sie im übrigen den baupolizeilichen Bestimmungen entsprechen.

§ 3. Wohn- und Schlafräume müssen im Innern gut in Stand gehalten sein (gut tapeziert, geweißt oder gestrichen). — Die Fußböden sollen mit einem zweckmäßigem Belag, möglichst mit guter, dauerhafter Holzdielung versehen sein. Steinpflaster, Gips und Zementestrich ist nicht zu empfehlen.

§ 4. Sämtliche Wohn- und Schlafräume müssen ins Freie führende, das völlige oder teilweise Öffnen gestattende Fenster haben. Fensterlose Nebenräume (Alkoven) dürfen als Schlafräume nur benutzt werden, wenn sie mit den Haupträumen durch eine große nicht verschließbare Öffnung verbunden sind, durch die ausreichende Luftzufuhr gewährleistet wird. — Tiefgehende Fenster, sowie sonstige Öffnungen, durch die ein Absturz möglich ist, müssen durch Brüstungen gesichert sein.

Die Fensterfläche soll mindestens $^1/_{12}$ der Bodenfläche des Wohnraums ausmachen. Zu beachten ist, daß die wertvollsten, vom oberen Teil des Fensters kommenden Lichtstrahlen nicht durch vorragende Bauteile, Jalousien und dgl. abgesperrt werden dürfen.

Räume mit Fenstern, die nach Norden gelegen oder durch vorstehende Bäume u. dgl. gegen jeden Einfall von Sonnenstrahlen geschützt sind, sollen insbesondere von Familien mit Kindern als Wohn- und Schlafräume gemieden werden.

Die Fenster sollen außer zur Belichtung auch zur Lüftung der Wohnräume dienen. Der zu öffnende, ins Freie führende Teil des Fensters soll mindestens $^1/_{25}$ der Bodenfläche betragen. Empfehlenswert sind namentlich obere herabklappbare

Fensterscheiben (Kippfenster), die ohne Belästigung der Bewohner lange geöffnet bleiben können.

In Räumen, durch deren Fenster eine von nahgelegenen gewerblichen Anlagen, Dunggruben usw. aus verunreinigte Luft einströmt, kann das Wohnen und Schlafen verboten werden, bis die Beseitigung der übelen Gerüche durchgeführt ist.

§ 5. Für jede in sich abgeschlossene oder von nur einer Mietspartei benutzten Wohnung muß eine den baupolizeilichen Anforderungen entsprechende Kochstelle vorhanden sein. Ferner müssen in jedem Hause genügende Räume zur Reinigung der Wäsche (Waschküchen) sämtlichen Bewohnern des Hauses zur Verfügung stehen.

In allen zu Koch- und Waschzwecken benützten Räumen müssen die in der Baupolizeiordnung vorgeschriebenen Rohre zum Abzug der Wasserdämpfe vorgesehen sein. In älteren Gebäuden muß mindestens ein bequem an und abzustellendes oberes Lüftungsfenster verlangt werden.

§ 6. Tunlichst für je 2 selbständige Wohnungen bzw. für jede Familienwohnung, mindestens aber auf jedem Hausflur bzw. in jedem Stockwerk, soweit durchgehende Verbindungen zu allen auf demselben Stockwerk gelegenen Wohnungen bestehen, muß eine Wasserentnahme (Haupthahn) und ein Ausguß vorhanden sein, deren Benutzung bequem und ohne Betreten einer fremden Wohnung erfolgen kann.

§ 7. Für höchstens 2 Familien und höchstens 12 Personen über 4 Jahre muß ein verschließbarer, gut lüftbarer, vorschriftsmäßiger Abort vorhanden sein und bei Tag und Nacht zugänglich sein, der von den Wohn- und Schlafräumen derart gesondert ist, daß deren Luft nicht verunreinigt werden kann. Die Aborträume müssen so beschaffen sein, daß sie keinen Einblick in das Innere gewähren.

Ställe, Dunggruben und andere Räume mit starker Geruchtsentwicklung dürfen in der Nähe bewohnter Räume nicht geduldet werden.

Artikel II.

Vorschriften über die Benutzung und Behandlung von Wohnungen.

§ 1. Als Wohn- oder Schlafräume dürfen nur solche Räume benutzt werden, die zum dauernden Aufenthalt von Menschen baupolizeilich genehmigt sind. Küchen und Werkstätten sind nur dann ausnahmsweise als Schlafräume zuzulassen, wenn nach Ansicht des Wohnungsamtes keine gesundheitlichen und sittlichen Bedenken dagegen vorliegen. Hausflure, Korridore, Aborte, Keller, offene Hausböden dürfen zum Wohnen und Schlafen nicht benutzt werden. Ebenso sind Räume, in denen für den Handel und Verkehr bestimmte Nahrungs- und Genußmittel oder übelriechende Gegenstände aufbewahrt werden, als Schlafräume nicht zu verwenden.

§ 2. Jede Familienwohnung, in welcher außer den Eltern mehr als 2 Kinder untergebracht sind, soll mindestens entweder Küche, einen heizbaren Wohnraum und einen Schlafraum, oder eine Wohnküche und 2 Schlafräume enthalten, und einen eigenen, nicht durch fremde Räume führenden Zugang haben.

§ 3. In jedem zum Schlafen benützten Raum und tunlichst auch in jedem dauernd benutzten Wohnraum sollen für jeden Bewohner mindestens 15 cbm Luft-

raum und 5 qm Bodenfläche zur Verfügung stehen. Bei Kindern unter 10 Jahren genügt die Hälfte dieser Maße. — Bei Schlafräumen, die gleichzeitig der gewerblichen Benutzung dienen, erhöhen sich die Maße um 5 cbm für jede Person. Die Maße verstehen sich ohne Hinzurechnung irgendwelcher Nebenräume.

§ 4. Die Zugänge zu Wohn- und Schlafräumen dürfen nicht durch Gegenstände versperrt werden. Auch in den Wohn- und Schlafräumen sind raumsperrende, außer Gebrauch befindliche Gegenstände zu entfernen. Die Freihaltung einer guten Stube ist nicht zulässig, wenn in den übrigen Räumen ein zu starkes Zusammendrängen der Bewohner stattfindet.

§ 5. In den Wohn- und Schlafräumen ist die Luft stets reinzuhalten. Riechende Gegenstände (Speisereste, Lumpen, schmutzige Wäsche usw.) sind zu beseitigen oder in Nebenräumen aufzubewahren; Haustiere, Geflügel, Kaninchen usw. dürfen in Wohn- und Schlafräumen nicht gehalten werden, Hunde, Katzen, Singvögel nur insoweit eine Störung der Mitbewohner durch Gerüche, Lärm usw. nicht erfolgt. — Ferner ist gründliche Lüftung aller bewohnten Räume mehrmals täglich angezeigt.

Unbedingt zu vermeiden ist jede stärkere Ansammlung von Wasserdampf in der Küche oder in Wohnräumen; das Waschen und Trocknen größerer Wäschemengen ist nur in der Waschküche statthaft. Übermäßige Wasserdampfansammlung gibt sich durch Triefen der Fenster und Beschlagen der Wände zu erkennen; sie ist die häufigste Ursache für das gesundheitsschädliche Feuchtwerden der Wohnungen.

§ 6. Die Wohnungen nebst ihren Einrichtungsgegenständen, ebenso Flure, Treppen und Aborte sind stets sauber zu halten. In die Aborte dürfen Gegenstände, die eine Verstopfung herbeiführen könnten, nicht hineingeworfen werden. Die Ausgüsse sind von Speiseresten und anderen verstopfenden und faulenden Gegenständen freizuhalten.

§ 7. Alle ledigen Haushaltungsmitglieder über 12 Jahre müssen nach Geschlechtern getrennte Schlafräume haben. Kinder dürfen im Schlafraum der Eltern nur bis zum Alter von 12 Jahren schlafen. Die von weiblichen über 12 Jahre alten Personen benutzten Schlafräume müssen von innen verschließbar sein.

Für jede Person über 12 Jahre oder je 2 Kinder unter 12 Jahren soll ein Bett bzw. eine geeignete Lagerstätte zur Verfügung stehen. Ausnahmen sind für Ehegatten und Personen gleichen Geschlechts zulässig.

Personen mit schweren oder ansteckenden Krankheiten sollen unbedingt ein eigenes Bett erhalten und womöglich nicht mit anderen Personen in dem gleichen Raum untergebracht werden.

Besondere Bedeutung haben ferner die Bestimmungen des Wohnungsgesetzes über die Beaufsichtigung der vorhandenen Wohnungen und die Feststellung aller in Betracht kommenden Abnormitäten, namentlich der „ungeeigneten“ und „überfüllten“ Wohnungen.

Für Gemeinden mit mehr als 100 000 Einw. ist ein Wohnungsamt zu errichten, das mit dem erforderlichen in geeigneter Weise vorge-

bildeten Personal, insbesondere mit einer genügenden Zahl beamteter Wohnungsaufseher, besetzt sein muß. Für kleinere Gemeinden kann die Errichtung eines entsprechenden Wohnungsamts usw. durch die Aufsichtsbehörde vorgeschrieben werden. — Die Wohnungsaufseher sind berechtigt, bei Ausübung der Wohnungsaufsicht alle Räume, die zum dauernden Aufenthalt von Menschen benutzt werden, sowie die dazugehörigen Nebenräume, zu betreten. Die Besichtigung muß so vorgenommen werden, daß eine Belästigung der Beteiligten tunlichst vermieden wird. — Soweit sich ergibt, daß die Wohnung hinsichtlich ihrer Beschaffenheit oder Benutzung den an sie zu stellenden Anforderungen nicht entspricht, ist Abhilfe in der Regel zunächst durch Rat, Belehrung oder Mahnung zu versuchen. Läßt sich auf diese Weise Abhilfe nicht schaffen, so ist das Erforderliche wegen Herbeiführung polizeilichen Einschreitens zu veranlassen.

Den Wohnungsordnungen und der Wohnungsaufsicht unterliegen:

1. Wohnungen, die einschl. Küche aus vier oder weniger zum dauernden Aufenthalt von Menschen bestimmten Räumen bestehen;
2. größere Wohnungen, in denen Personen gegen Entgelt als Zimmermieter, Einlieger oder Schlafgänger aufgenommen werden;
3. Wohn- oder Schlafräume, die Dienstboten, Gewerbegehilfen, Handlungsgehilfen usw. zugewiesen sind;
4. Wohn- oder Schlafräume in Mietwohnungen, die im Keller oder in einem nicht voll ausgebauten Dachgeschoß liegen;
5. Ledigenheime und Arbeiterlogierhäuser.

Eigenwohnungen der in Nr. 1 bezeichneten Art in Gebäuden, die ausschließlich von einer Familie bewohnt werden, sollen, sofern in ihnen nicht Personen gemäß Nr. 2 aufgenommen werden, den Wohnungsordnungen nur dann unterstellt sein, wenn dafür ein besonderes Bedürfnis vorliegt.

Über den Erfolg der Wohnungsaufsicht kann man sich ein Bild machen z. B. durch die Berichte aus Hessen, wo schon seit 1902 eine solche in Betrieb war. 1911 wurden dort 39 700 = 59 % aller Wohnungen besichtigt; in 5349 Fällen wurden Fehler gefunden, und zwar: Überfüllung 490mal, Feuchtigkeit 365mal; baupolizeiliche Fehler 509mal; reparaturbedürftige Wände 2420mal; Mängel an Abortanlagen 278mal; ungenügende Belichtung 193mal. Die Fehler wurden beseitigt in 2309 Fällen, Fristen bewilligt in 875 Fällen.

Für den Fall, daß die Insassen der überfüllten und ungeeigneten Wohnungen nicht ohne größeren Kostenaufwand zweckentsprechender untergebracht werden können, oder daß eine Reduktion der Schlafgäste und Kostgänger auf Schwierigkeiten stößt, müssen städtische Logierhäuser (Obdachlosen-Asyle) und Ledigenheime bereit stehen.

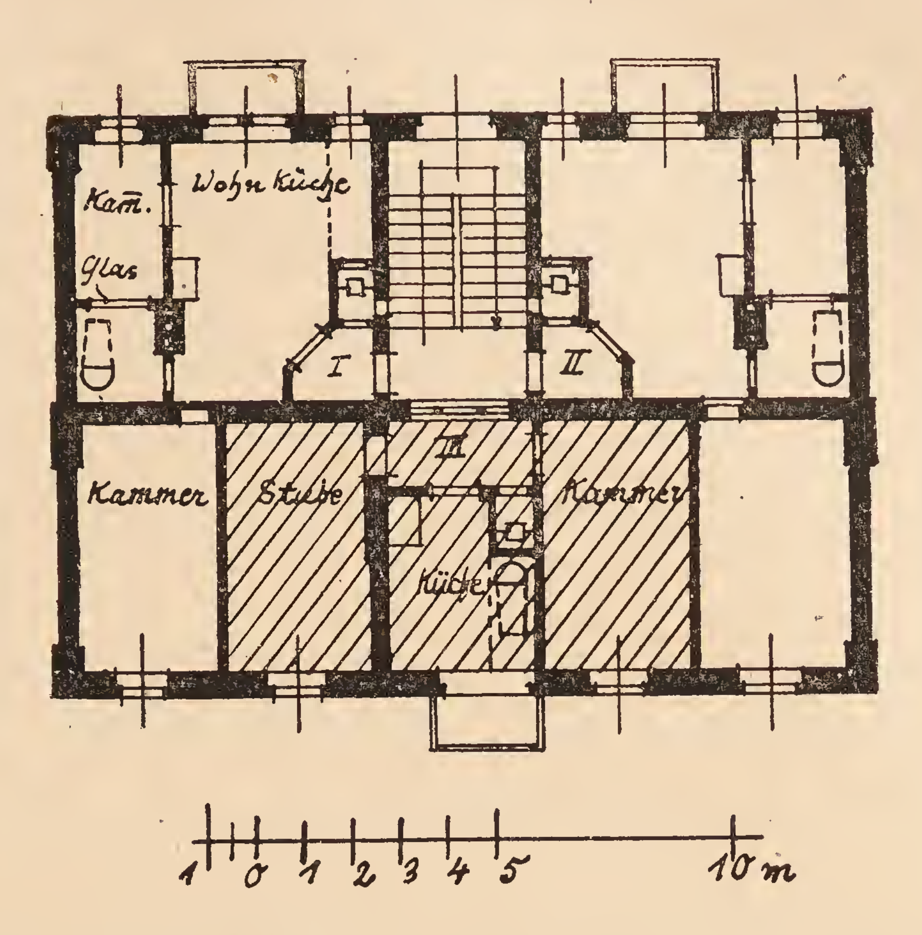


Fig. 45. 3 Wohnungen mit gemeinsamem Treppenaufgang. Wohnung I und II durchlüftbar, III (schraffiert) nicht durchlüftbar.

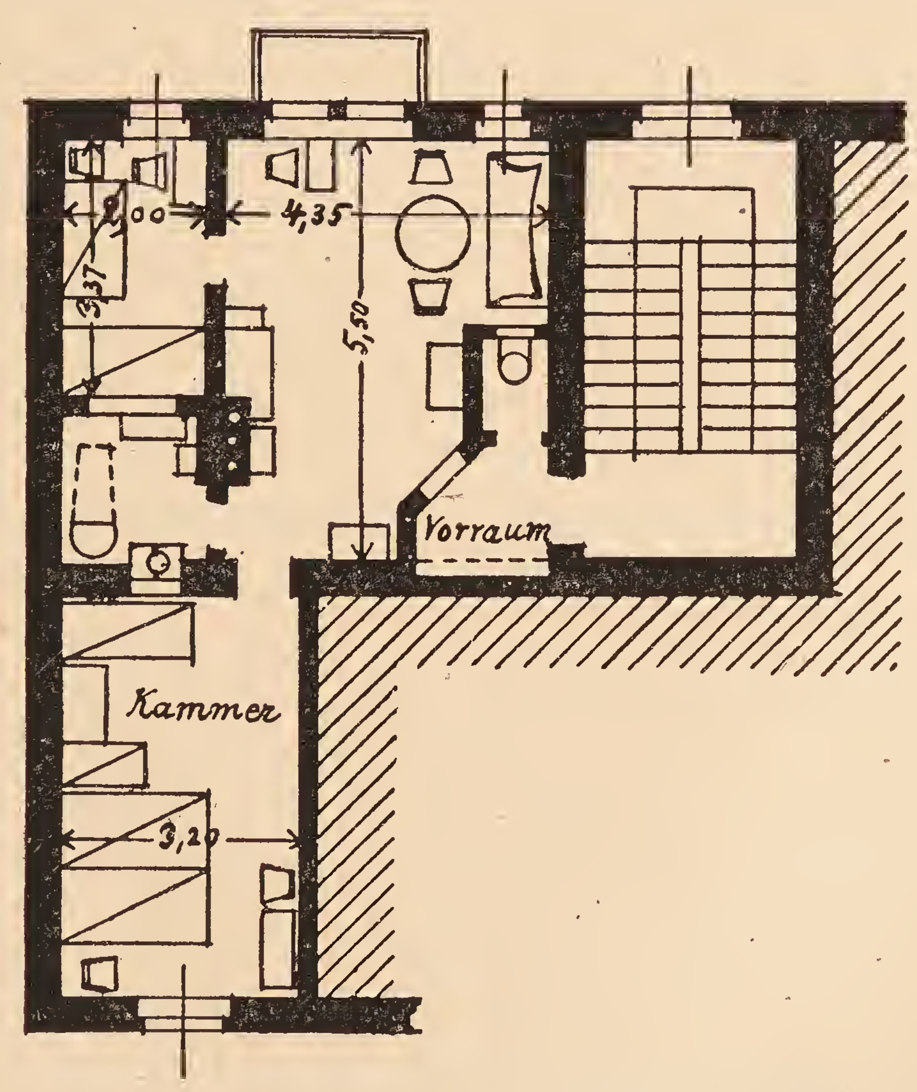


Fig. 46. Nr. I des Plans Figur 45 in größerem Maßstab.

4. Kleinwohnungen und Kleinhaus-Siedelungen.

In den letzten Jahren hat man mehrfach versucht, in größeren städtischen Häusern mit 3 und 4 Stockwerken hygienisch einwandfreie Wohnungen für Minderbemittelte herzustellen; als vorbildlich gelten in dieser Beziehung z. B. die nach Messels Plänen in Berlin in der Sickingenstraße, an der Proskauer- und Schreinerstraße und in Westend erbauten Häuserkomplexe, ferner die Posadowsky-Wehner-Häuser in Dresden-Löbtau, sämtlich von Spar- und Bauvereinen errichtet.

Für derartige Häuser ist von größter Bedeutung der Grundriß der Wohnung, der den Bedarf der Bewohner auf kleinstem Raum deckt, aber die Mißstände der bisherigen Mietkasernen-Wohnungen vermeidet. Die Erfahrung hat nun zu folgenden Forderungen geführt: ein Zuviel von Räumen verführt leicht zur Aftervermietung und zum Schlafburschenwesen; zu große Räume sind bei den Bewohnern nicht beliebt, weil sie zuviel Reinigung, Heizung und Ausstattung erfordern. Dagegen ist wichtig, daß die Wohnung vollständig für sich isoliert ist und die Berührungsmöglichkeiten mit den übrigen Bewohnern tunlichst reduziert sind. Unbedingt muß jede Wohnung ein besonderes Klosett haben; auch Wasserversorgung und Ausguß in der Küche sind selbstverständlich. Besonderer Wert wird von manchen Architekten und Hygienikern auf quere Durchlüftbarkeit der Wohnung gelegt (s. Fig. 45); es soll gelegentlich Zuglüftung durch gegenüberliegende Fenster hergestellt werden können, um frische Luft und Kühle hereinzuschaffen. Die Bewohner pflegen indes von dieser Art der Lüftung fast nie Gebrauch zu machen; und schließlich ist eine ausnahmsweise nötige Zuglüftung auch durch Fenster- und gelegentliches Öffnen der Flur- und Haustür recht wohl möglich. Der Gesichtspunkt der Zuglüftung durch Fenster sollte daher nicht in so übertriebener Weise in den Vordergrund gerückt werden.

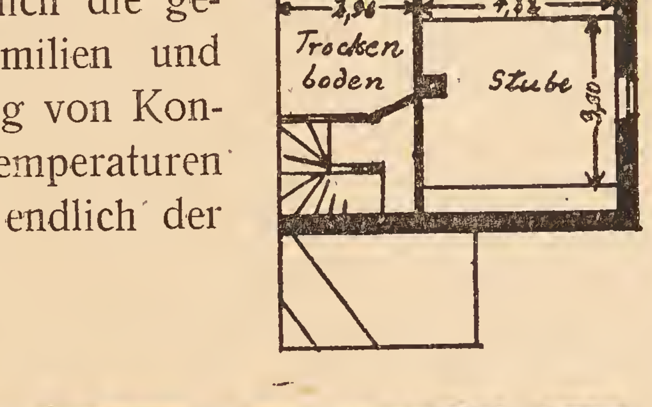


Fig. 47. Sofanische in der Wohnstube.

Wichtig ist die Erfahrung, daß die Arbeiterfamilie die Küche gern als Wohnraum benutzt. Namentlich wird der Hausfrau die Überwachung der Kinder dadurch erleichtert. Die „Wohnküche“ soll dann aber 2 Adnexa haben; erstens einen Pansch- und Aufwaschraum, der in eine Ecke der Küche eingebaut ist und womöglich durch eine Tür von der Küche abzutrennen ist. Zweitens ist zweckmäßig eine Sofanische

eingebaut, die dem Raum ein gefälliges Aussehen gibt und z. B. durch den Einbau des Klosetts leicht gewonnen werden kann, ungefähr in der Weise, wie es in Fig. 46 und 47 veranschaulicht ist. — Wünschenswert sind ferner zwei Schlafstuben, damit die Möglichkeit vorliegt, heranwachsenden Kindern einen besonderen Schlafraum zu überweisen. — Auch empfiehlt sich die Anbringung eines Wirtschaftsbalkons an der Küche, um hauswirtschaftliche Arbeiten zu erledigen, und um den meist nicht leicht anzulegenden Speiseaufbewahrungsraum zu ersetzen. Endlich ist noch an stärker besonnten Fenstern die Anbringung von Jalousien zu wünschen. Die Herdheizung erfolgt zweckmäßig durch Gas mittels Gas-Automaten.

Miethäuser, welche alle diese Forderungen sorgfältig berücksichtigen, bieten zweifellos erheblich Besseres als die üblichen Mietkasernen. Aber verschiedene wichtige hygienische Mißstände haften ihnen doch noch an. So namentlich die gezwungene Kommunikation vieler Familien und dadurch Erleichterung der Übertragung von Kontagien; ferner die immerhin hohen Temperaturen der vierten und fünften Stockwerke; endlich der



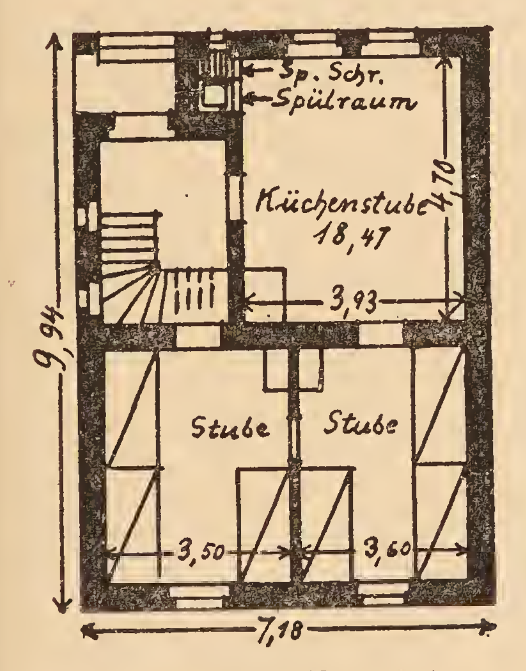


Fig. 48.
Freistehendes Einfamilienhaus.
(Musterzeichnungen des Minist. d. öff. Arb.)

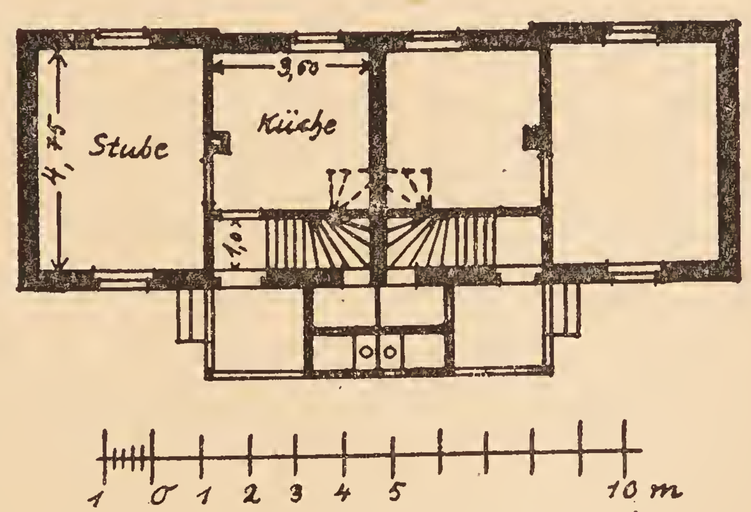


Fig. 49. Zweifamilienhaus.
Untere Figur: Erdgeschoß; obere: Obergeschoß (nur über der rechten Haushälfte gezeichnet).
(Kruppsche Fabrik, Kol. Altenhof.)

gemeinsame, gewöhnlich allseitig umschlossene und der freien Luftbewegung nicht zugängliche, oft von übermäßigem Lärm erfüllte Binnenhof als einzige nahe Stätte für den Aufenthalt im Freien.

Siedelungen von kleinen ein- oder zweigeschossigen Häusern mit anstoßendem Gartenland, deren jedes nur eine kleine Anzahl von Familien aufnimmt, bieten zweifellos hygienisch weit günstigere Verhältnisse. Sie kommen vorzugsweise in Betracht für Arbeiter

industrieller Werke, aber gelegentlich auch für andere Berufe. In letzter Zeit tritt namentlich das Bestreben hervor, Kriegsbeschädigte in dieser Weise anzusiedeln, ferner den aus den Großstädten infolge des wirtschaftlichen Niedergangs abwandernden Menschenmengen eine Stätte zu bieten.

Die Art der Siedelung und namentlich die Größe des zugeteilten Gartenlandes muß von vornherein der Eigenart und den Wünschen der Siedler angepaßt werden. Handelt es sich um Menschen, die ihren ganzen Unterhalt oder einen großen Teil desselben durch die Bewirtschaftung des Landes gewinnen wollen, so müssen jedem Siedler mehrere Morgen Land zugewiesen werden und die Anlage wird dann so weiträumig, daß ein städtischer Charakter überhaupt nicht mehr hervortritt. Für solche ländliche Wirtschaftsheimstätten sind die wesentlichsten hygienischen Forderungen leicht erfüllt.

In anderen Fällen stehen aus Kriegsbeschädigtenrenten, Handwerk und dgl. Einnahmen zur Verfügung und es sind Kräfte und freie Zeit genügend vorhanden, um ein ansehnliches Stück Land so intensiv zu bebauen, daß dadurch eine Verstärkung des Einkommens erzielt werden kann. Hier ist der Umfang des Landstücks womöglich auf ½ Morgen = 1200 qm zu bemessen. (Beispiel: Weidenau in Westfalen.) Dieser Umfang entspricht zugleich dem des kleinsten Rentengutes, das von den staatlichen Rentenanstalten beliehen wird. Die Ertragfähigkeit einer solchen Anlage möge aus der kleinen auf praktischer Erfahrung beruhenden vom „Verein Arbeiterheim" zu Bethel bei Bielefeld herausgegebenen Schrift „die kleinste Landwirtschaft" ersehen werden. Auch bei dieser Art von Siedelungen kommen städtehygienische Maßnahmen nicht in Frage, da es sich stets um eine relativ kleine Zahl freistehender Einfamilienhäuser in weiträumigster Bebauung handelt und da die Abfallstoffe gänzlich auf dem Grund und Boden verwertet werden.

Städtischen Charakter nehmen die Siedelungen erst dann an, wenn eine größere Anzahl Menschen in dichterer Häufung angesiedelt werden sollen, die mit Industriearbeit oder in sonstigen Berufen voll beschäftigt sind und die nur in ihren Mußestunden und mit Unterstützung von Angehörigen etwas Landarbeit betreiben wollen.

Auch für diese häufigste Art von Siedelungen hat man neuerdings ein möglichst großes Stück Land unmittelbar am Wohnhaus verlangt. Dann wird die Siedelung aber durch die Ausdehnung der Straßen, deren Anlage und Unterhaltungskosten bedeutend sind, stark verteuert, und die Entfernungen werden zu groß. Demgegenüber sind die angeblichen Vorteile bedeutungslos. Man hat z. B. behauptet, daß die Bebauung dieses Landes einen ansehnlichen Zuwachs der Nahrungsmittelproduktion und eine Verbesserung der Volksernährung bewirke. Aber selbst, wenn eine halbe Million Kleinhäuser mit je 600 qm Land errichtet würde, so würde die bebaute Landfläche nur etwa $^1/_{1000}$ der gesamten in Deutschland landwirtschaftlich ausgenutzten Fläche ausmachen. Auch für den Haushalt des einzelnen Siedlers macht der Ertrag aus einer Fläche von 600 qm, wenn diese in der ertragreichsten Weise nur zum Kartoffelbau benutzt wird, 10 % des Kalorienbedarfs einer Familie aus, und dieser Anteil könnte meist mit weniger Mühe und geringeren Kosten käuflich beschafft werden.

Auch der Anbau von Gemüsen und Küchenkräutern wird nicht etwa billiger sein als deren Einkauf. Aber die Bewohner haben ihre ganz besondere Freude am Eigenbau. Nach ihrer Geschmacksrichtung bauen sie bald diese bald jene Gemüse, und die selbst geernteten Nahrungsmittel schmecken ihnen besser als die gekauften. Den Beweis dafür sehen wir in den Laubenkolonien, wo trotz weiten Wegs und trotz allerlei Schwierigkeiten mit der Düngung, Aussaat, Bewässerung

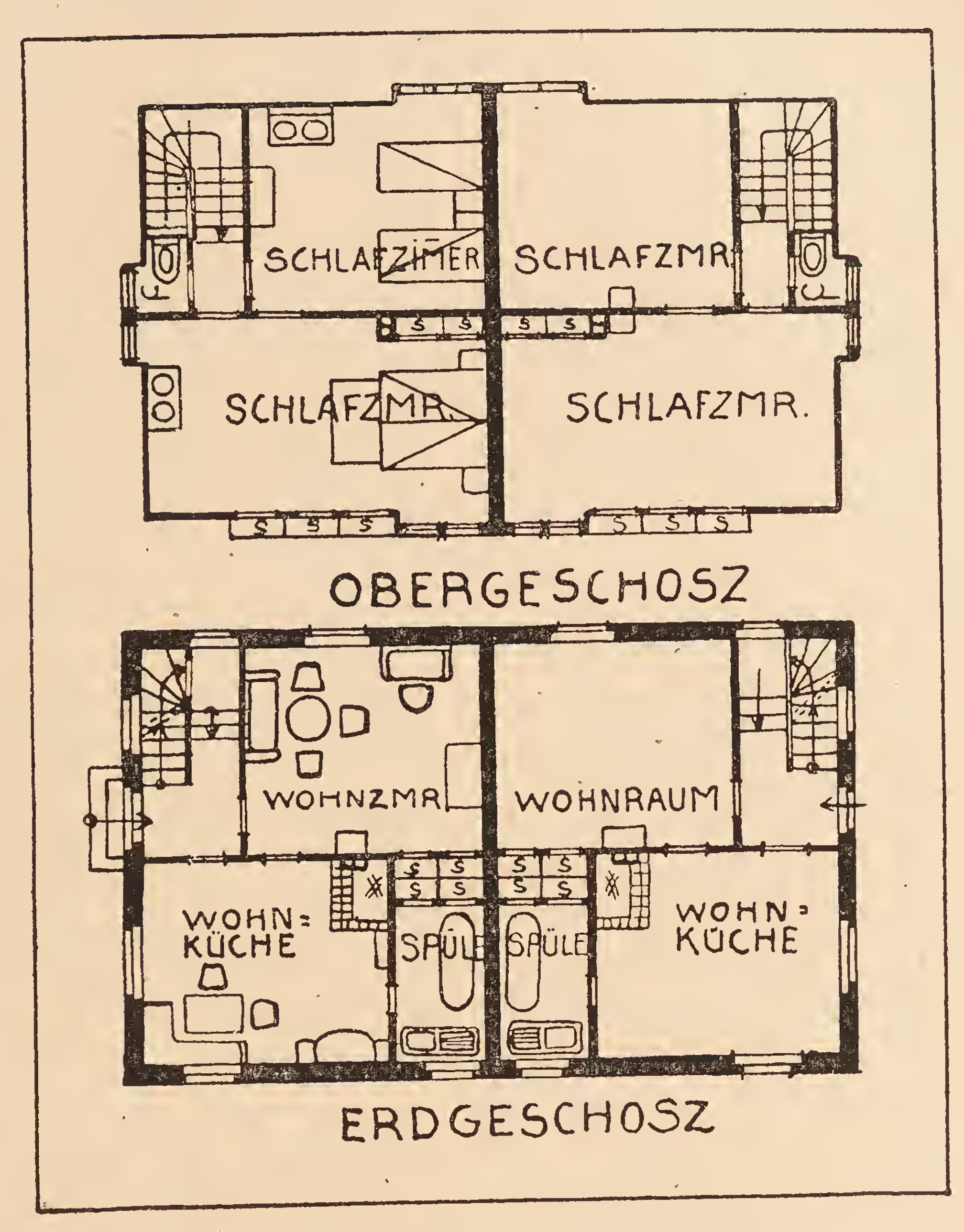


Fig. 50. Doppelhaus der Siedelung Margarete-Krupp-Stiftung bei Essen. 1:250.

die Kolonisten mit größter Hingabe in ihren kleinen Gärten beschäftigt sind. Das ist der wesentliche Grund, weshalb die Bereitstellung von Gartenland erfolgen soll; und dafür reichen unmittelbar am Hause 150 qm aus.

Ein zweiter Gesichtspunkt, von dem aus mehr Gartenland gefordert wird, ist der, daß man hofft, dadurch von der zentralen unterirdischen Entfernung der Abfallstoffe loszukommen. Die Abfallstoffe sollen auf dem größeren Landstück zur Düngung des Landes verwendet und vom Boden verarbeitet werden. Eine Durchschnittsfamilie von 5 Köpfen bedarf aber einer Gartenfläche von mindestens 600 qm, um die Fäkalien in Form von Torfstühlen und die Abwässer durch Versickern und Untergrundberieselung zu beseitigen, ohne daß zentrale Anlagen erforderlich werden. Dabei dürfen die Fäkalien nicht etwa direkt aufgebracht,

sondern es muß ein richtiger Komposthaufen angelegt werden, der mehrfach umzuarbeiten, öfter mit Torfstreu und Kalk zu versetzen, kurzum zu pflegen ist, wenn er seinen Zweck erfüllen und nicht arge Belästigungen veranlassen soll.

Nur ein kleiner Teil der Siedler, wird Neigung, Arbeitskraft und Verständnis genug haben, um ein größeres Landstück richtig zu bewirtschaften. Diesen kann zweckmäßig in der Nähe der Siedelung, aber nicht unmittelbar am Hause, größeres Terrain zur Verfügung gestellt werden; auf diese Weise wird die nahe Zusammenlegung der Häuser nicht gehindert. Ein anderer Teil der Siedler — erfahrungsgemäß etwa 20 % — ist jeder Beschäftigung mit Land- und Gartenbau in den Mußestunden abhold. Diese finden in oberen Stockwerken der 2-Etagenhäuser zusagende Wohnungen. — Der weitaus größte Teil der Siedler wird dagegen mit einem kleinen Landstück von 150 qm zufrieden sein, das ihnen allerlei Annehmlichkeit ohne zu große Arbeit gewährt. Eine zentrale Beseitigung der Abwässer durch ein möglichst einfaches und billiges System (z. B. Trennsystem und biologische Reinigung) ist dann allerdings nicht zu umgehen.

Auch in bezug auf Lageplan und Grundriß der Häuser hat man früher wohl in übertriebener Weise dem Vorwurf einer zu starken Ausnutzung der Terrains zu entgehen gesucht. Vielfach sind damals völlig freistehende Einfamilienhäuser mit starkem räumlichen Abstand gebaut (Fig. 48). Die dann allseitig erforderlichen Fundamente und Außenmauern und die Verlängerung der Straßenfront verursachen relativ hohe Kosten; im Betrieb ist namentlich die Beheizung solcher freistehenden Kleinhäuser teuer. — Mehrfach sind Doppelhäuser gebaut, die wenigstens eine Wand gemeinsam haben, und deren Eingänge möglichst getrennt angeordnet sind, so daß alle gezwungenen Berührungen vermieden werden (s. Fig. 50 u. 51).

Beim Bau dieser freistehenden Häuser war meist nebenbei der Gesichtspunkt maßgebend, daß der Siedler das Haus womöglich als Eigenheim erwerben sollte. Hygienische Vorteile sind aber damit nicht verknüpft; im Gegenteil macht die Veränderlichkeit in bezug auf die Kopfzahl der Familien und das Alter der Kinder im hygienischen Interesse eher die Möglichkeit eines Wechsels der Wohnung und einer Anpassung an die variierenden Bedürfnisse der Familie wünschenswert.

Angesichts der zurzeit bestehenden wirtschaftlichen Schwierigkeiten wird jetzt unbedingt das Reihenhaus bevorzugt werden müssen. Auch dieses entspricht als Einfamilienhaus allen berechtigten hygienischen Forderungen; die Siedlungen werden nicht zu ausgedehnt und die Straßenkosten nicht zu hoch. Nach rückwärts schließt sich ein schmaler Streifen Gartenland von 120 bis 150 qm Größe an (s. Fig. 52). In den englischen Industriebezirken sind fast ausschließlich Reihenhäuser

gebaut und haben sich gut bewährt. Es steht nichts im Wege, außerdem an verschiedenen Stellen der Peripherie der Siedlung Landstücke an Siedler zu verpachten, die mehr Landwirtschaft betreiben wollen. Ebenso sind zweckmäßig hier und da zwei- bis dreistöckige Häuser einzuschalten, die mehrere Familien aufnehmen.

Die Straßen sollen von geringer Breite sein; sie dienen zugleich als Spielplatz für heranwachsende Kinder, die in den gepflegten Gärten nicht geduldet werden. Für größere Kinder ist ein Sportplatz vorzusehen. An

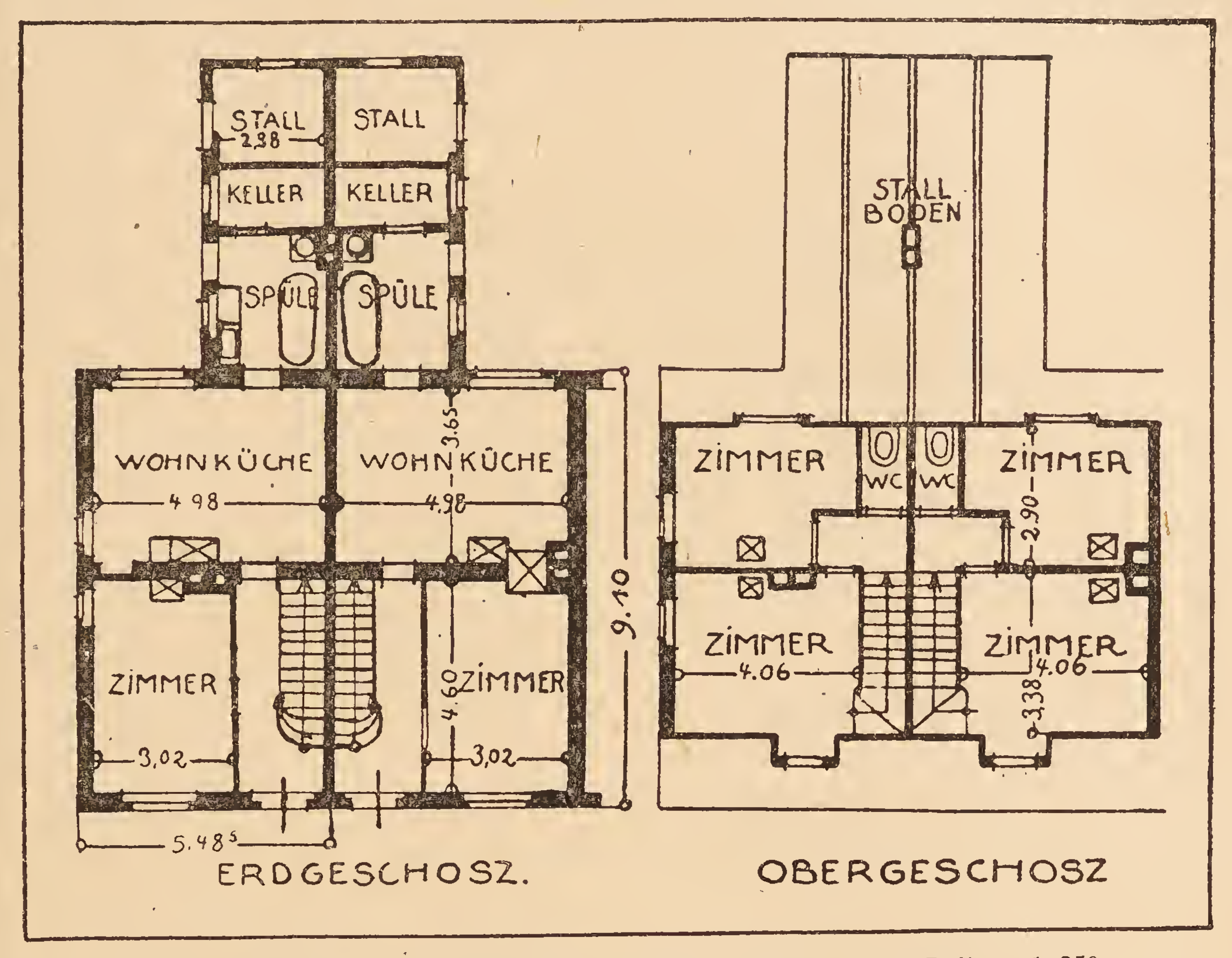


Fig. 51. Haus aus der Gartenstadt Staaken. Endhaus einer Reihe. 1:250.

der Straßenfront der Häuser können Ruheplätze angebracht werden, die auch den Bewohnern oberer Stockwerke, die keinen eigenen Garten haben, Aufenthalt im Freien ermöglichen.

Für zentrale Wasserversorgung und Entfernung der Abfallstoffe ist Sorge zu tragen. Inmitten der Siedelung sollte eine Art Zentrum geschaffen werden durch ein oder mehrere Gebäude, in denen Schule, Gemeindehaus, Lesehalle usw. unterzubringen sind, auch Waschhaus und Brausebad, damit nicht in allen Wohnungen der beengende Einbau einer Badewanne stattzufinden braucht. Hier ist auch für die Gemeindeschwester, für ein Sprechstundenzimmer für einen Arzt, falls kein solcher in der Siedlung wohnt, und erforderlichenfalls für einige in Notfällen benutzbare Krankenbetten Unterkunft zu schaffen.

Derartige Siedlungen von Arbeiterhäusern sind bereits in großem Umfang von s t a a t l i c h e n Betrieben (Eisenbahnfiskus, Bergfiskus) hergestellt; von Gemeinden bisher in beschränktem Umfang (Gemeindeverwaltung der Stadt Ulm). Sehr zahlreiche Arbeiterkolonien sind von p r i v a t e n A r b e i t g e b e r n errichtet; hier sei nur auf die Firma K r u p p in Essen hingewiesen, welche bereits für mehr als 12 Mill. Mk. Arbeiterwohnungen gebaut hat und das Baukapital nur mit etwa 2% verzinst erhält; ferner auf die Kolonie Leverkusen der Farbenfabrik Bayer & Co., Elberfeld, Kolonie Gmindersdorf bei Reutlingen usw. Außerdem

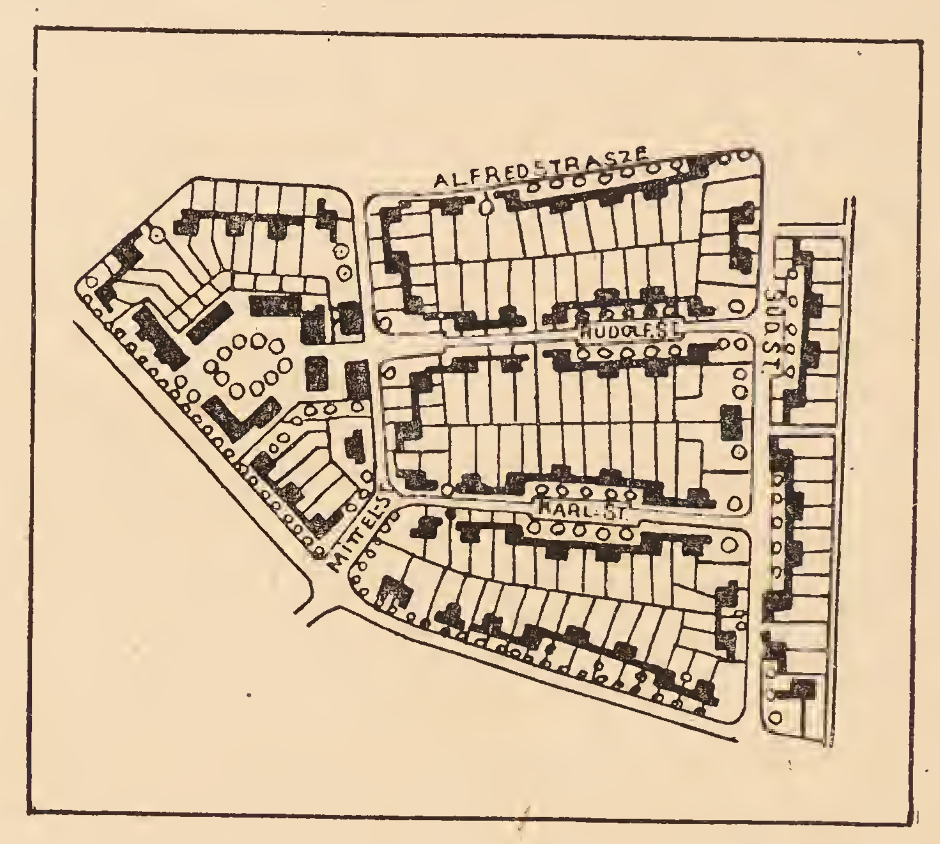


Fig. 52. Ein Teil der Kruppschen Siedelung „Dahlhauser Heide“, mit Reihenhäusern. 1:5000.

haben viele g e m e i n n ü t z i g e G e s e l l s c h a f t e n, auch solche, die aus der Arbeiterschaft selbst gebildet sind, den Bau geeigneter Wohnungen übernommen, und diese Baugenossenschaften werden oft sehr wesentlich dadurch unterstützt, daß ihnen billige Kreditquellen (z. B. von den Reichsversicherungsanstalten, die ihre großen Vermögen ausdrücklich für Veranstaltungen anlegen sollen, die den Versicherungspflichtigen nützen) oder von einer kommunalen Baukasse usw. eröffnet sind.

Zur Förderung der Kleinhausbauten hat der Preußische Staatskommissar für das Wohnungswesen 1918 „B a u e r l e i c h t e r u n g e n“ für den Bau von Kleinwohnungen gestattet. Die meisten dieser Bestimmungen erscheinen hygienisch unbedenklich; nur die Erlaubnis, von Unterkellerung abzusehen, sollte mindestens auf diejenigen Räume des Kleinhauses beschränkt werden, welche dauernd geheizt werden. — Ferner werden die Siedlungen gefördert durch das jüngst erlassene H e i m s t ä t t e n g e s e t z. Die „Heimstätte“ verleiht dem Eigentümer einen ge-

sicherten Besitz und ein gesichertes Nutzungsrecht, aber das Eigentumsrecht ist aus sozialen Gründen soweit beschränkt, daß eine spekulative Verwertung nicht stattfinden kann. Außer den Wohnheimstätten (Kleinhäusern mit Nutzgarten), denen hygienisch die größte Bedeutung zukommt, sollen namentlich Wirtschaftsheimstätten mit größerem Grundstück und stärkerer landwirtschaftlicher Nutzung (s. S. 310) für Kriegsbeschädigte (Kriegerheimstätten) errichtet werden.

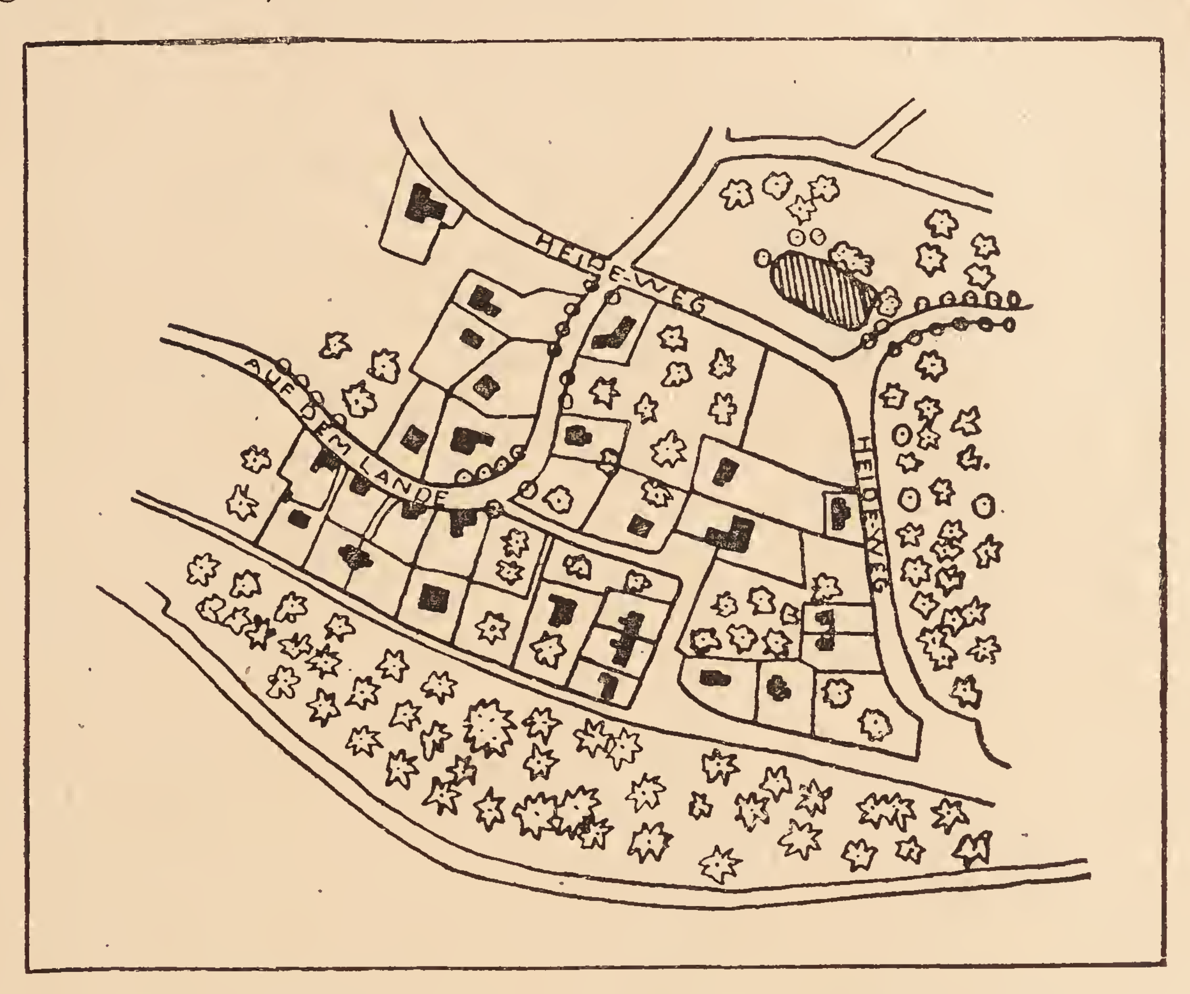


Fig. 53. Lageplan eines Teils der Gartenstadt Hellerau. 1:5000.

Eine besondere Form der städtischen Siedelung stellt die „Gartenstadt“ dar.

Diese strebt eine ganz andere Bauart der Städte an. Während das Wohnen außerhalb der Großstadt und entfernt von der Arbeitsstelle fortgesetzt lange Fahrten erfordert, die Zeit und Geld konsumieren und viele Unbequemlichkeiten mit sich bringen, kann versucht werden, die Arbeitsstelle selbst — das industrielle Etablissement — aus der Stadt heraus zu verlegen und neben diesem die Arbeiter anzusiedeln. Bleibt aber die Industrie allein, so fehlt es an Produktion von Nahrungsmitteln, an kleingewerblichen Betrieben, die für die Siedelung nötig sind. Eine Verbindung der Ansiedelung mit Landwirtschaft und Gärtnerei würde die Lebensmittel verbilligen, weil dann die weiten Transporte fortfallen. Es erscheint daher zweckmäßig, verschiedene sich gegenseitig ergänzende Betriebe zusammenzulegen. Um aber die Mißstände in den größeren Städten, die allein bisher solche Kombinationen boten, von vornherein auszuschließen, sollen die neuen Siedelungen vor allem beschränkte Größe haben (nicht mehr als 30.000 Menschen). Ferner soll weiträumigste Bebauung durchgeführt werden mit Einschaltung von Gärten, freien Plätzen, einem

Gürtel von Wald usw.; und um diese Bauart zu sichern und jede Grundstücks- und Häuserspekulation unmöglich zu machen, soll das Terrain der „Gartenstadt“ einer Gesellschaft gehören, die das Land nicht verkauft, sondern nur in lange Pacht (Erbbaurecht, d. h. das Recht, auf dem Grundstück ein Bauwerk zu haben, aber nur auf Zeit (99 Jahre) und gegen Jahresentgelt; ein Recht, das vererbt und veräußert werden kann) gibt, und zwar solchen Pächtern, die sich zu einer den Zielen der Gartenstadt entsprechenden Benutzung verpflichten. Meist werden Industrielle solche Ansiedelungen für ihre Betriebe und ihre Arbeiter ins Leben rufen. Aber die verschiedensten Gewerbetreibenden, ebenso Beamte usw. können sich die Annehmlichkeiten der Gartenstadt verschaffen, indem sie selbst Land in Erbpacht nehmen und bebauen oder sich in fertigen Wohnhäusern einmieten.

Die Bebauung des Landes ist im allgemeinen so gedacht, daß nur ⅙ der Fläche bebaut wird. Im Zentrum werden die öffentlichen Gebäude, um diese ein größerer Park projektiert. Zwischen sehr breiten, parkähnlichen Ringstraßen und schmaleren Diagonalstraßen dienen Grundstücke von etwa 200 qm der Bebauung mit Wohnhäusern, die 1 oder 2, höchstens 3 Familien aufnehmen. Nach der Peripherie zu sind Kohlenlager, Molkereien usw., noch weiter nach außen die Gärtnereien, landwirtschaftlichen Betriebe angeordnet.

Der Gedanke der Gartenstadt rührt von dem Engländer Howard her. In England sind auch die ersten praktischen Durchführungen des Gedankens versucht; so in Bournville, in Letchworth, in Earswick usw., fast stets auf die Initiative von Großindustriellen hin.

Die „Deutsche Gartenstadt-Gesellschaft“ verfolgt ähnliche Ziele. Es sollen Gartenstädte auf der Grundlage des Gemeindeeigentums am Stadt- und Landboden errichtet werden; es soll eine organisierte Wanderung der Industrie aufs platte Land, eine wirtschaftlich harmonische Aufteilung des platten Landes und seine zweckmäßige Durchsetzung mit Städten von weitläufiger, hygienischer Bauweise angestrebt werden. — In Hellerau (s. Fig. 53) bei Dresden haben die „Deutschen Werkstätten für Handwerkskunst“ eine solche Gartenstadt angelegt; bei Karlsruhe, bei Posen usw. wurde staatliches Terrain für Gartenstadtzwecke bereit gestellt.

Leider wird neuerdings die Bezeichnung „Gartenstadt“ auch auf Siedelungen und Villenkomplexe angewendet, die von irgendwelchen Baugesellschaften zu Spekulationszwecken und ohne Berücksichtigung der Ziele der Gartenstadtbewegung ins Leben gerufen sind.

Literatur: Verhandlungen des deutschen Vereins für öffentliche Gesundheitspflege 1888, 1891, 1893 und 1910. — Eberstadt, Handb. des Wohnungswesens, 3. Aufl. — Neue Studien über Städtebau und Wohnungswesen, I. u. II., 1914. — Howard, Gartenstädte in Sicht, Jena 1907. — Zeitschrift „Gartenstadt“, 1907 und ff. Jahre. — Prausnitz, Atlas u. Lehrbuch der Hygiene, in Lehmanns med. Atlanten, München 1909; letzterem Werke sind einige der oben eingefügten Abbildungen entnommen. — Damaschke, Aufgaben der Gemeindepolitik. 1904. — Jahrbuch der Bodenreform 1. Band, 1905 u. folg. — Schriften der Zentralstelle für Volkswohlfahrt, Heft 8. 1913. — Kaup, Art. Wohnungswesen in Grotjahn und Kaup, Handwörterbuch der sozialen Hygiene,

1912. — Stübben, Brix, Gretzschel, Rath im Handb. der Hygiene, 2. Aufl., 1914. — Gemünd, Die Grundlagen zur Besserung der städtischen Wohnverhältnisse, Berlin 1913. — Muthesius, Kleinhaus und Kleinsiedlung, München 1918 (zahlreiche Abbildungen u. viel. Lit.). — Fuchs, Die Wohnungs- und Siedlungsfrage nach dem Kriege, Stuttgart 1918. — Flügge, Großstadtwohnungen und Kleinhaussiedelungen. Jena 1916 (Literatur). — Zeitschriften: Bauwelt, Berlin. — Zeitschrift für Wohnungswesen, Berlin. — Die Volkswohnung, Berlin.

II. Fundamentierung und Bau des Hauses.

1. Das Fundament soll das Haus gegen den Boden wasser- und luftdicht abschließen. Wasserdicht deshalb, weil sonst das Bodenwasser sowohl von unten wie von der Seite her in die porösen Bausteine ein-

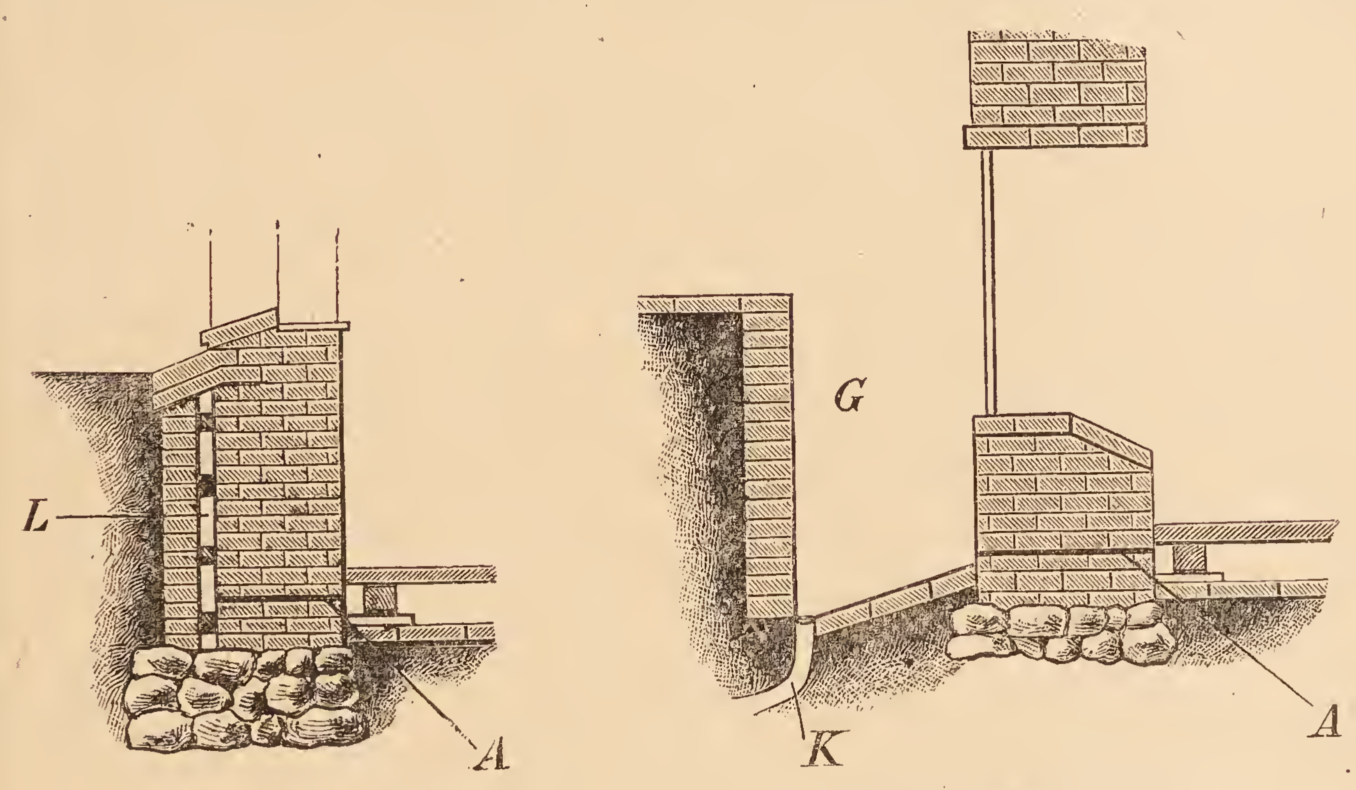


Fig. 54. Hausfundament. *A* Asphaltschicht. *L* Luftraum zwischen Hauptmauer und Vormauer.

Fig. 55. Hausfundament. *A* Asphaltschicht. *G* Umlaufender Graben. *K* Wasserablauf.

dringt, in diesen kapillar in die Höhe steigen und die Keller und unteren Stockwerke feucht halten kann. Ist der Boden unrein, so werden gleichzeitig die Verunreinigungen mit dem Wasser in die Höhe geführt und es kommt zur Bildung von sogenanntem Mauersalpeter.

Die Dichtung der Mauern läßt sich erreichen z. B. durch Einlegen einer Asphaltschicht (A, Fig. 54 und 55) oder einer Schicht von glasierten Klinkern auf die sogn. Abgleichungsschicht der Fundamente. Um auch das seitliche Eindringen von Feuchtigkeit zu hindern, werden entweder die Seiten der Fundamentmauer stark mit Asphaltteer oder mit geschmolzenem Ceresin oder Paraffin u. dgl., imprägniert, oder es wird eine 12 cm starke Vormauer aus Ziegelsteinen mit Zementmörtel in einer Entfernung von 6—7 cm vom Kellermauerwerk auf-

geführt, mit sog. Einbindern versehen und oben abgedeckt (Fig. 54). In einigen Städten besteht die nachahmungswerte Vorschrift, daß ein offener Graben von ⅓—½ m Weite die Fundamente des ganzen Wohnhauses umgibt; derselbe führt dann gleichzeitig den Kellerräumen in reichlicherem Maße Luft und Licht zu (Fig. 55) und macht diese für Wohnungen benutzbar. Die ganze Kellersohle ist außerdem wasser- und luftdicht mit Asphalt und mit einer Isolierschicht herzustellen.

Der geschilderte dichte Abschluß schützt das Haus auch gegen etwaiges Aufsteigen von Bodenluft, die stark mit Kohlensäure oder mit giftigem Leuchtgas beladen sein kann.

2. Die Seitenwände des Hauses. Bezüglich des Materials und der Konstruktion der Seitenwände kommt in Betracht a) die Durchlässigkeit des Materials für Luft; b) seine Aufsaugungsfähigkeit für Wasser; c) die Dicke der Mauern.

a) Früher hielt man eine größere Durchlässigkeit des Materials für hygienisch vorteilhaft, in der Annahme, daß ein wesentlicher Teil der Luftzufuhr zum Wohnraum durch die Poren der Mauern erfolge, und daß dieser Luftwechsel gerade dadurch, daß er sich unmerklich vollzieht und daß die Luft dabei auf die Wandtemperatur erwärmt wird, besonders wertvoll sei.

Die Existenz einer solchen Porenventilation wurde durch zwei Experimente bewiesen; erstens wurde gezeigt, daß der Luftwechsel in einem Zimmer, dessen Fugen, Ritzen und sonstige Undichtigkeiten sorgfältig verklebt werden, immer noch sehr beträchtlich ist, obwohl er sich nunmehr nur durch die Poren der Begrenzungen des Zimmers vollziehen kann. — Derselbe Versuch ist indes später vielfach mit anderem Erfolg wiederholt worden. Sorgt man für dauernd dichten Verschluß aller Ritzen und Fugen und dichtet außerdem noch Fußboden und Decke des Zimmers, so sinkt der Luftwechsel in dem betreffenden Raum unter gewöhnlichen Verhältnissen auf Null herab. Nur bei sehr heftigen Winden ist eine geringfügige Ventilation bemerkbar.

Das zweite Experiment bestand darin, daß eine Glasröhre auf die beiden gegenüberliegenden Seiten eines Backsteines aufgekittet und dann die übrige Fläche des Backsteines mit Paraffin oder Teer gedichtet wird. Es gelingt dann durch Einblasen von Luft in das Glasrohr durch den Backstein hindurch z. B. ein Licht auszublasen. — Nun beträgt aber der Exspirationsdruck beim Blasen leicht 10—20 cm Quecksilber = 1300—2600 kg pro 1 qm Fläche. Mäßiger Wind liefert dagegen nur einen Druck von 1—5 kg, starker Wind einen Druck von 20 kg, Sturm einen solchen von 100 kg pro 1 qm, so daß also aus diesem an einem sehr kleinen Querschnitt angestellten Experiment noch keine Folgerungen für den unter dem Winddruck oder durch Temperaturdifferenzen bewirkten Luftdurchgang durch den Stein zu ziehen sind.

Später ist die Durchlässigkeit der Steine für Luft genauer quantitativ geprüft (Lang). Dabei stellte es sich heraus, daß je nach dem Material bei einem Druck von 1 mm Wasser oder von 1 kg pro Quadratmeter nur 5 bis 10

Liter Luft pro Stunde und pro Quadratmeter Wandfläche passieren; dies macht für ein Zimmer mit 14 qm Außenwand und für mittleren Wind von 3 kg Druck 0,2—2,0 cbm stündlicher Luftzufuhr, während der Luftbedarf für ein solches Zimmer mindestens 60 cbm pro Stunde beträgt. Außerdem fand sich, daß die Bekleidung der inneren Wandfläche noch in wechselndem, meist aber sehr erheblichem Grade die Durchlässigkeit herabsetzt; und zwar schon ein Anstrich mit Kalk- oder Leimfarbe, noch mehr ein Tapetenüberzug und wiederum mehr ein Ölfarbenanstrich. Ferner wird die Durchlässigkeit wesentlich geändert durch Befeuchtung des Steins; je nach der Feinheit der Poren tritt hier eine Abnahme um 15—90 % ein. — Eine Ausnahme machen die rheinischen Schwemmsteine, die aus dem in den vulkanischen Lagern am Rhein und in der Eifel vorkommenden Bimskies unter Zusatz von wenig Kalk hergestellt werden. Sie sind außerordentlich porös und luftdurchlässig, so daß sie in Laboratoriumsversuchen bis 2000mal mehr Luft durchtreten lassen, als die gebräuchlichen Baustoffe. Versuche in fertigen Schwemmsteinhäusern ergeben jedoch, daß bei verputzten Wänden die Luftdurchlässigkeit fast ebenso gering ist wie bei Ziegelmauern.

Die Luftzufuhr durch das Baumaterial stellt sich daher für die gewöhnlich vorliegenden Verhältnisse, mäßigen Wind, der nicht gerade senkrecht auf die Mauern auftrifft, und geringe Temperaturdifferenzen als völlig illusorisch heraus. Nur in einem Fall vermag dieselbe eine nennenswerte Luftmenge zu fördern, nämlich bei direkt auftreffenden heftigen Winden. Dann aber vermitteln schon die zufälligen Undichtigkeiten der Fenster und Türen einen mehr als erwünschten Luftwechsel, so daß wir der Porenventilation und einer Durchlässigkeit des Baumaterials für Luft völlig entraten können.

b) Bezüglich der Aufsaugungsfähigkeit für Wasser nimmt man an, daß poröse Mauern etwaiges an den inneren Wandungen der Wohnräume kondensiertes Wasser aufzusaugen und allmählich wieder zu verdunsten vermögen; dadurch sollen die Wände trocken gehalten werden, während sie bei wasserdichtem Material leicht feucht werden (triefen).

Eine so hochgradige Kondensation von Wasserdampf soll indes in normalen Wohnräumen nicht vorkommen. Ist durch stärkere Ansammlung von Menschen oder durch Kochen, Waschen usw. sehr viel Wasserdampf produziert, so ist er zunächst durch Lüftung zu entfernen; reicht diese nicht aus, so findet eine Regulierung durch Kondensation an den Fensterflächen statt. Erst wenn auch dann noch ein weiterer Überschuß von Wasserdampf vorhanden ist, erfolgt Kondensation an der kältesten Wandfläche; am erheblichsten und besonders leicht, wenn etwa eine freistehende, dünne und gut wärmeleitende, z. B. nach Norden gerichtete und stark abstrahlende Wand vorliegt. Nicht poröse Steine bilden wegen ihrer guten Wärmeleitung ein besonders zur Kondensation disponierendes

Material, und man wird daher auch aus diesem Grunde bei der Auswahl des Baumaterials gut wärmeleitendes Material tunlichst ausschließen.

Auf der äußeren Seite der Mauer ist gerade das aufsaugungsfähige Material leicht von Nachteil, weil auftreffende Niederschläge die Wand wiederholt bis in eine gewisse Tiefe durchfeuchten. Das eingedrungene Wasser verdunstet allmählich wieder; dabei findet ein bedeutender Wärmeverbrauch statt und die unter die Norm abgekühlte Wand vermag dann wieder zu Kondensation Anlaß zu geben.

Demnach haben wir keinerlei Grund, ein für Wasser durchgängiges Baumaterial zu bevorzugen, vielmehr ist eine wasserdichte Oberfläche an der inneren Seite nicht von Nachteil, an der Außenseite von entschiedenem Vorteil.

c) Die Baumaterialien sollen schlechte Wärmeleiter sein und mittlere Wärmekapazität besitzen, weil dadurch die Regulierung der Temperatur des Hauses wesentlich erleichtert wird. Das schlecht leitende Material hindert im Winter eine zu rasche Entwärmung, im Sommer eine zu schnelle Erwärmung des Hauses. Dichtes Material, Metall, massive Steine leiten die Wärme am besten, Holz am schlechtesten. Unter den Steinen sind die porösen, lufthaltigen (Tuffsteine, rheinische Schwemmsteine) die schlechtesten Wärmeleiter. — Absichtlich eingelagerte größere Lufträume setzen die Wärmeleitung einer Mauer nach neueren Untersuchungen relativ wenig herab, dagegen bildet sich Schwitzwasser in den Hohlräumen. Letztere sind daher besser mit Kieselgur, Schlacke, oder Mischungen dieser Stoffe zu füllen.

Bezüglich der Wärmekapazität (Menge von Kalorien, welche nötig ist, um 1 Kilo Material um 1° zu erwärmen) bieten die lufthaltigen leichten Baumaterialien insofern einen gewissen Vorteil, als es dann geringerer Wärmemengen bedarf, um die Temperatur der Wände um ein bestimmtes Maß zu ändern. Sollen z. B. 80 cbm Mauerwerk (ein kleines Familienhaus) von 0° auf 15° erwärmt werden, so braucht man bei Sandsteinmauern 353 000 Wärmeeinheiten, und zu deren Entwicklung 53 kg Kohle; bei Ziegelmauerwerk 219 000 Wärmeeinheiten = 33 kg Kohle, bei Hohlziegeln nur 122 000 Wärmeeinheiten = 18 kg Kohlen. — Andererseits darf namentlich in Kleinhäusern, in denen sparsam geheizt werden muß, und in freistehenden Häusern die Wärmekapazität der Wände nicht zu klein werden, da die Bewohner sonst im Winter unter der zu raschen Auskühlung der Räume zu leiden haben.

Lufthaltige Mauern sind daher zu bevorzugen, nur ist es nicht notwendig, daß sie gleichzeitig für Luft und Wasser durchgängig sind. Vielmehr werden sie, nachdem sie trocken ge-

worden sind, am besten innen und außen mit einer undurchlässigen Deckung versehen. Nach außen bietet ein Belag mit Schindeln, Schiefer, Dachziegeln, oder Verputz mit Gips und Wasserglas bzw. ein Anstrich mit Ölfarbe, oder eine Verblendschicht aus undurchlässigem Material Schutz gegen die Durchfeuchtung der Wände; an der Innseite gewährt Ölfarbenanstrich leichtere Reinigung der Wände, Holzverkleidung die Möglichkeit rascheren Anwärmens.

d) Dicke der Mauern. Die Mauern werden entweder massiv oder aus Fachwerk, d. h. mit Einlage von Balken oder in Eisenkonstruktion, hergestellt. Die Baugesetze schreiben vor, daß massive Mauern von 3—4stöckigen Häusern im Parterre 2½ Stein = 62 cm stark sein sollen, im ersten und zweiten Stock 50 cm, im dritten und vierten Stock 38 cm. — Bei Fachwerkhäusern sind die Mauern erheblich dünner; sie müssen bis zum ersten Stockwerk eine Dicke von 25 cm, im zweiten eine solche von nur 12½ cm haben. Für die Temperaturregulierung des Hauses sind diese Vorschriften von großer Bedeutung.

Zur Herstellung der Innenwände können Gipsdielen (Gips mit Rohreinlage), Rabitzputz (Geflecht von verzinktem Eisendraht mit Gipsfüllung), oder feuersichere Moniertafeln (mit Eisenstäben versteiftes Geflecht von Eisendraht, das mit Zementmörtel beworfen ist) und ähnliche künstliche Präparate verwendet werden, die aber alle sehr schlechte Schallsicherung gewähren. — Beim Schall ist zu unterscheiden zwischen dem in der Luft entstehenden und demjenigen, der unmittelbar von den Schwingungen einer Wand (z. B. beim Einschlagen eines Nagels) herrührt. Der Schutz, den eine Wand gegen ersteren bietet, ist von ihrem absoluten Gewicht abhängig, so daß also das Bekleiden der Türen von Räumen, die geschützt werden sollen, mit Bleiplatten rationeller ist als Bekleiden mit Filz. Die Schwingungen einer Wand werden um so weniger merkbar, je geringer die Spannung ist, unter der die Wand steht.

Die Sonder-Baupolizeiordnung für Kleinhäuser gestattet 1 Stein starke Außenmauern, wenn gute Ziegel- oder Schwemmsteine verwendet werden, und wenn in mildem Klima oder geschützter Lage zu erwarten ist, daß die Ersparnis bei den Baukosten nicht durch Wärmeverlust im Winter aufgewogen wird.

Der durch die Kohlennot hervorgerufene Ziegelmangel hat zur Einführung der verschiedenartigsten Ersatzbaustoffe und Ersatzbauweisen geführt. Bis mehr Erfahrung über diese gesammelt sind, sollte man mit ihrer Anwendung im großen Maßstabe vorsichtig sein. — Auch die früher weitverbreitete, dann aber fast ganz verlassene Lehmbauweise kommt neuerdings wieder in Aufnahme (Lehm-Stampfbau und Lehm-Patzenbau). Soweit die Bauten kunstgerecht ausgeführt sind, dürften hygienische Bedenken dagegen kaum bestehen, namentlich wenn durch eine äußere undurchlässige Schicht Vorsorge gegen Aufsaugen von Feuchtigkeit getroffen ist.

Nachstehende Tabelle enthält eine Übersicht über die wichtigsten, zahlenmäßig ausdrückbaren Eigenschaften der gebräuchlisten Baustoffe:

Baustoff	Porenvolum %/o	Wärme-speicherung WE/cbm	Wärme-leitzahl WE / m Std. °C	Luft-*) durchlässig-keit
Ziegel	29,8—45,0	291—528	0.34—0 45	0,09—2,26
Kalksandstein . . .	30,0—39,0	310—429	0,58—0 8	0,46—14,4
Beton	22,2	448—469	0,65—0,70	0,195
Schwemmstein . . .	65,2—69,6	175	0,13	228—2259
Lehmstein (ungebrannt)	37,0	240—390	0.38	0,29

3. Die Zwischenböden. Auch die richtige Konstruktion der Zwischenböden ist beachtenswert. Zwischen dem Fußboden der oberen und der Decke der unteren Etagen bleiben Räume frei, welche durch die zwischenlaufenden Balken abgeteilt werden. Diese Hohlräume werden mit porösem unverbrennlichem Material gefüllt, um der Schall- und Wärmeleitung entgegenzuwirken, ferner um Nässe aufzusaugen und dadurch das Balkenwerk gegen Vermoderung zu schützen. Als Füllmaterial benutzt man Sand, häufiger jedoch Bauschutt, Kohlenstaub, Schlacke, Asche; oft wird sehr unsauberes Material verwendet. Analysen haben gezeigt, daß kein Boden, selbst in der nächsten Nähe von Abortgruben, so hochgradige Verunreinigungen erkennen läßt, wie die Füllungen mancher Zwischenböden. Außerdem wird auch das reinste Material gewöhnlich mit der Zeit stark verunreinigt. Durch die Ritzen und Fugen des Fußbodens dringt Scheuerwasser, Waschwasser usw.; mit diesen Sputa, eingeschleppte Erde u. dgl. ein. Die dabei in das Füllmaterial geratenen Mikroorganismen werden dort offenbar gut konserviert, ähnlich wie in natürlichem Boden. Aus den Zwischenböden gelangen sie dann leicht wieder in das Zimmer, da bei jeder stärkeren Erschütterung Wolken trockenen Staubes aus den gröberen Fugen des Fußbodens hervorzudringen pflegen. Wir haben daher allen Grund, die Zwischenböden so zu konstruieren, daß es zu keiner Verunreinigung mit saprophytischen und pathogenen Bakterien kommen kann.

Zunächst ist von vornherein nur unverdächtiges Füllmaterial auszuwählen, z. B. reiner Sand. Noch mehr Vorteil bietet leichteres Material, wie Kieselgur, Bimssand, Korkklein usw., das wenig Staub liefert und so geringes Gewicht hat, daß man mit denselben den Zwischenboden in seiner ganzen Ausdehnung füllen und dadurch die Schalleitung weit besser hindern kann, während bei Verwendung von Sand usw. ein

*) d. h. diejenige Luftmenge in Litern, die durch einen Würfel von der Kantenlänge 1 m bei einem Überdruck von 1 mm Wassersäule in 1 Stunde hindurchgeht.

größerer Teil des Zwischenbodens frei gelassen werden muß, weil sonst die Belastung zu stark werden würde. Außerdem ist unter den Dielen des Fußbodens jedenfalls eine undurchlässige Schicht anzubringen, um spätere Verunreinigung zu vermeiden; z. B. sind die Dielen in heißen Asphalt einzulegen, oder es ist Superatorpappe einzuschalten u. dgl. — Statt des Holzwerks, das gegen Parasiten besonders geschützt werden muß und Feuersgefahr bietet, wird neuerdings meist Eisenkonstruktion verwendet; die Eisenteile müssen aber der Schallsicherheit wegen mittels Filzkappen u. dgl. isoliert sein. Ein Beispiel solchen Arrangements gibt Fig. 56. — Der Fußboden selbst ist möglichst dichtzufugen. Vorhandene Ritzen sind mit Holzleisten und Kitt auszufüllen; die Dielen sollen mehrfach mit heißem Leinöl getränkt oder mit Ölfarbenanstrich oder Wachsüberzug versehen und dadurch ein völlig undurchlässiger und leicht zu reinigender Fußboden hergestellt werden. — Über staubbindende Fußbodenöle s. unter „Schulen“.

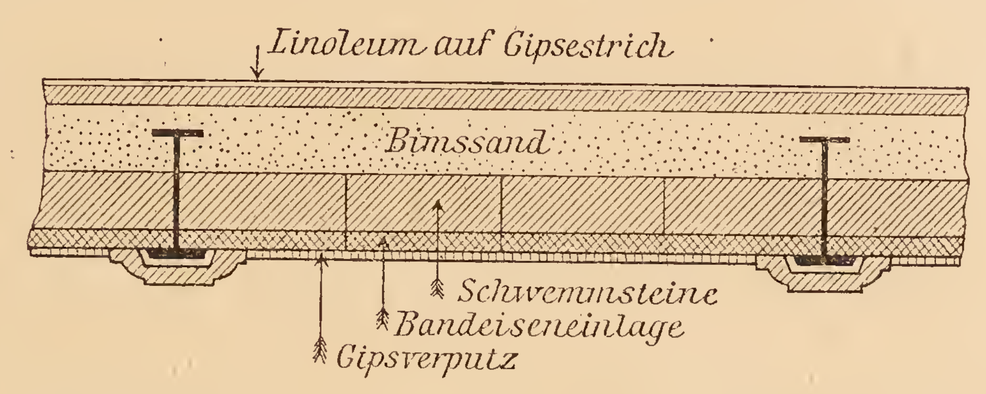


Fig. 56. Konstruktion von Zwischendecken (nach Nussbaum).

4. Dach; Treppen; Fenster. Das Dach soll undurchlässig für Wasser, nicht zu schwer sein und im Sommer die Insolationswärme, im Winter die Kälte nicht leicht durchdringen lassen. Metall- und Schieferdächer sind womöglich mit Isolierschichten zu unterlegen. In jedem Falle müssen zwischen Dach und Decke des obersten Stockwerkes reichliche Öffnungen vorhanden sein, durch welche während des Sommers ein starker Luftstrom streichen und die Fortleitung der Insolationswärme hindern kann. — Die Treppen sind soviel als möglich feuersicher in Stein, Eisen oder mit Überzug von Zementmörtel herzustellen; ferner sollen sie bequem und sicher zu begehen sein, d. h. breit, nicht zu steil und nach höchstens 15 Stufen von einem Absatz unterbrochen. — Die Fenster sind teilweise mit Scheiben zu versehen, die für eine Lüftung des Zimmers verwendet werden können (s. unten). — Genaueres über alle Einzelheiten, die beim Bau und der Ausstattung des Wohnhauses in Betracht kommen, siehe in dem unten zitierten Werk von Nussbaum.

Literatur: Deutsches Bauhandbuch, Handbuch der Architektur. — Nussbaum, Das Wohnhaus und seine Hygiene, Leipzig, 1909. — v. Esmarch,

Hygienisches Taschenbuch, 5. Aufl. — Ersatzbauweisen, Druckschrift Nr. 2 des Reichskommissars für das Wohnungswesen. Berlin 1919.

III. Austrocknungsfrist; feuchte Wohnungen.

Feuchte Wohnungen wirken nachteilig auf die Gesundheit hauptsächlich dadurch, daß sie Störungen der Wasserdampfabgabe und der Wärmeregulierung des Körpers veranlassen. Die feuchten Wände sind infolge der fortgesetzten Verdunstung und der besseren Wärmeleitung des feuchten Materials abnorm niedrig temperiert; Kleider, Betten usw. werden ebenfalls feucht und zu guten Wärmeleitern. So kommt es vielfach zu unmerklicher stärkerer Wärmeentziehung vom Körper. Daneben führt die abnorm hohe Luftfeuchtigkeit bei etwas höheren Wärmegraden zu einer Unterdrückung der Wasserdampfabgabe von der Haut und dadurch zu Empfindungen des Unbehagens und der Beklemmung (s. S. 37). — Außerdem begünstigt die Feuchtigkeit die Konservierung von Krankheitserregern und die Entwicklung von saprophytischen Bakterien und saprophytischen Schimmelpilzen (Penicillium); die letzteren etablieren sich an den Wänden, auf Stiefeln und verschiedenen Gebrauchsgegenständen, ferner auf Nahrungsmitteln, namentlich Brot. Durch diese Pilzwucherungen entsteht eine modrige, dumpfige Beschaffenheit der Luft, welche die Atmung beeinträchtigt. Ein Wachstum von Krankheitserregern findet auf feuchten Wänden usw. nicht statt, schon weil die Temperatur immer zu niedrig ist. — Das Holz feuchter Wohnungen ist durch die im Volksmunde als „Schwamm" bezeichneten Wucherungen verschiedener Basidiomyceten gefährdet, unter denen der „echte Hausschwamm", Merulius domesticus, der wichtigste ist und dem mindergefährlichen M. silvester und minor an Stelle der früheren gemeinsamen Bezeichnung M. lacrymans (sogenannt wegen des Auftretens von Wassertropfen auf dem Mycel) gegenübergestellt werden muß (Falck). An Zerstörungskraft am nächsten steht ihm der Porenhausschwamm (Polyporus vaporarius), der neben dem Keller- oder Warzenschwamm (Coniophora cerebella) als Erreger der „Trockenfäule" in Frage kommt.

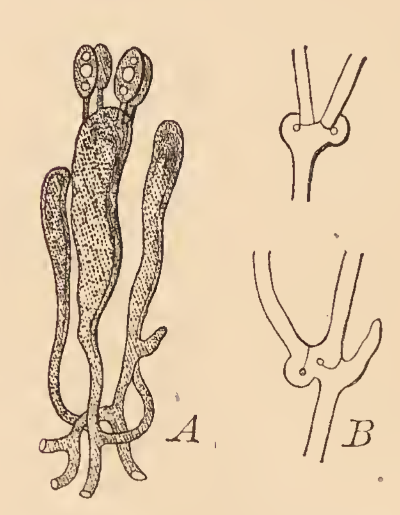


Fig 57. Merulius lacrymans, Hausschwamm.
A Fruchtträger mit reifen Sporen 400:1.
B Schnallenbildung an Mycelfäden. 400:1.

Während sich der Kellerschwamm bereits auf gesundem Holz in feuchten geschlossenen Räumen entwickelt und die häufige „Vorerkrankung" des Holzes bewirkt, kommen die anderen beiden Arten in der Regel erst auf solchem prädisponierten, „angegangenen" Holze zur Entwicklung. Auch die Erreger einer dritten

Holzerkrankung, der „L a g e r f ä u l e“, bes. Blätterschwamm- (Lenzites-) Arten, entwickeln sich schon auf gesunden, in freier Luftlage gestapelten Hölzern und bereiten gleichfalls den Boden für Hausschwamm- und Trockenfäule-Wucherung nach dem Einbau vor. — Das Mycel dieser Pilze entwickelt sich z. T. unsichtbar im Innern der Holzsubstanz, z. T. an der Oberfläche in Form von oft sehr ausgedehnten Belägen oder Polstern; es liefert Fermente, die das Koniferin und die Zellulose des Holzes lösen. Ältere Vegetationskörper zeigen dabei die Tendenz, sich zu einzelnen „Strängen“ oder „Strangbüscheln“ zusammenzuschließen, welche die Nährstoffe aus den tieferen Partien nach der Oberfläche leiten und je nach ihrer Dicke, Farbe usw. Anhaltspunkte für die Bestimmung der Art und die Schätzung des Alters der Wucherung bieten. Mikroskopisch besteht das Mycel aus farblosen Fäden, oft mit eigenartigen, knotigen, meist einseitigen Verdickungen, in welche je eine Querwand vorspringt. Diese „Schnallenzellen“ (Fig. 57) wurden früher irrtümlich als für den echten Hausschwamm charakteristisch angesprochen. Dagegen sind die innerhalb der Stränge laufenden, als „Leitröhren“ und „Faserhyphen“ bezeichneten Elemente durch ihre verschiedene Größe und Gestalt diagnostisch verwertbar. Aus den Oberflächenmycelien entwickeln sich die „Fruchtkörper“ (beim echten Hausschwamm in der Regel kuchenförmige, an der U n t e r - seite von Decken und Dielen sitzende weiße Polster), auf denen sich das Sporenlager bildet. Die eigentlichen Fruchtträger sind die „Basidien“, zahlreiche, aufrechte, keulenförmige Hyphen-Endzweige, auf deren jedem 4 Sterigmen (s. Fig. 57) mit je einer ovalen, von einer dicken, pigmentierten (beim echten Hausschwamm gelbbraunen) Membran umgebenen Sporen stehen. Diese Gebilde lösen sich einzeln los und werden schon durch feinste Luftströme, z. B. infolge geringer Temperaturunterschiede, überallhin weitergetragen. Hierdurch und durch die Bewohner schwammkranker Häuser, durch Handwerker, Haustiere usw. können sie auf zum Verbau bestimmte Hölzer gelangen. Häuser mit Fruchtkörperbildungen müssen daher als die wesentlichsten Infektionsquellen angesehen werden. Nicht selten gelangt auch schon angestecktes Holz (Kisten, Verschlagsbretter, Brennholz) von außen in die Häuser, bes. in die Keller, wo an den Berührungsstellen mit der feuchten Kellersohle und -wand oft die günstigsten Bedingungen für Schwammentwicklung und Fruchtkörperbildung gegeben sind. — Die Sporen des echten Hausschwamms kommen auf gesundem Holz in der Regel nicht zur Entwicklung; sie keimen erst unter der Einwirkung eines gewissen Säuregrades, wie er besonders in „angegangenem“ Holze auftritt, sowie ferner nur bei Zufuhr einer gewissen Feuchtigkeit. Hierfür genügt aber schon derjenige Feuchtigkeitsgehalt, den das Holz aus wasserdampfgesättigter Luft bei niedriger Temperatur selbst aufnimmt. Mithin kann nicht in allen Fällen das Auftreten von Hausschwamm als Indikator feuchter Wohnungen angesprochen werden; wohl aber weisen a u s g e d e h n t e r e Schwammwucherungen darauf hin, daß die Wohnung abnorm feucht ist und d e s - h a l b gesundheitsnachteilig sein kann. D i r e k t e Gesundheitsschädigungen des Menschen oder der Haustiere durch Schwamminfektion sind auszuschließen, weil bei Warmblütertemperatur auf jedem Nährsubstrat Sporenkeimung oder Mycelwachstum bei den Merulius- und Coniophoraarten ausbleibt, und Lenzitessporen, deren Keimung und Wachstum noch bei 37 ° C vor sich geht, durch Phagozytose unschädlich gemacht werden. Das Temperaturoptimum des M. dom. liegt bei 19 °,

also der durchschnittlichen Haustemperatur, das des M. silv. und der Coniophora bei 24—26°. Diese und andere biologische Merkmale gestatten jetzt die für Gutachten erforderliche Unterscheidung der Arten, können aber nur durch Untersuchungen an Reinkulturen mit Sicherheit festgestellt werden (Falck, Moeller). — Für die Bekämpfung des Hausschwamms kommt gute Austrocknung und tunlichster Luftzutritt zu den Balken in Betracht; außerdem Imprägnierung des Bauholzes an den Schnittflächen kurz nach dem Fällen und nach der weiteren Bearbeitung mit keimungsverhindernden Stoffen; Falck hat ein explosionssicheres, billiges Dinitrophenolnatrium-Präparat („Mykanthin") 2—4% für eingebaute und Kieselfluormagnesium 5% für dauernd der freien Atmosphäre ausgesetzte Holzteile besonders empfohlen; ferner Beseitigung und Desinfektion aller ergriffenen Teile des Baues, insbesondere Vermeiden alten Bauschutts zur Füllung der Zwischenböden.

Abnorme Feuchtigkeit der Wohnungen entsteht 1. durch das beim Bau eingeführte und nicht vollständig wieder verdunstete Wasser. Das Mauern geschieht meistens im nassen Zustande des Materials, um ein Haften des Mörtels zu erleichtern. Gewöhnlich wird der ganze Ziegel in Wasser getaucht; behauene Steine werden stark mit Wasser besprengt. Außerdem erfolgt durch Regen oft reichliche Wasseraufnahme seitens des Baues. Die Wände eines mittleren Wohnhauses, die etwa 500 cbm Mauerwerk ausmachen, enthalten etwa 50 bis 100 cbm mechanisch beigemengtes Wasser. — Der Mörtel wird gewöhnlich aus einem Teil gelöschten Kalk und 2—3 Teilen Sand bereitet und enthält frisch im Mittel auf 1 cbm 150 Liter Wasser, außerdem noch Hydratwasser, und zwar pro Kubikmeter etwa 100 Liter. Für je 100 cbm Mauerwerk gebraucht man teils zum Füllen der Fugen, teils zum Verputz, etwa 12 cbm Mörtel, für ein Haus von 500 cbm Mauer mithin 60 cbm Mörtel. In dieser Mörtelmasse sind 10 cbm mechanisch beigemengtes und 6 cbm Hydratwasser enthalten; und in Summa befinden sich also in einem Neubau von der bezeichneten Größe 90—110 cbm mechanisch beigemengtes und 6 cbm chemisch gebundenes (Hydrat-)Wasser.

Diese kolossale Wassermasse muß wieder fortgeschafft werden, ehe das Haus bewohnbar ist. Es geschieht dies bei warmem, trockenem Wetter genügend rasch unter dem Einfluß bewegter freier Luft; oft muß eine künstliche Beschleunigung stattfinden durch Heizen bei offenen Fenstern oder künstliches Eintreiben erwärmter Luft; bei Einhängen von Kokskörben wirkt noch die strahlende Wärme auf die Wände kräftig mit, es bietet aber die Gefahr der CO-Vergiftung. — Sehr wichtig ist, daß das Verputzen und innere undurchlässige Anstriche nicht eher vorgenommen werden, als bis das Rohmauerwerk vollständig ausgetrocknet ist; während ein möglichst früher äußerer undurchlässiger Anstrich namentlich an der Wetterseite durch Fernhaltung neuer Durchnässung mehr nützt als schadet.

Bezüglich der Mittel zum Austrocknen der Neubauten begegnet man noch zuweilen einer irrigen, in früherer Zeit von Liebig aufgestellten Ansicht. Nach Liebig sollte die Feuchtigkeit neugebauter Häuser vorzugsweise dadurch bedingt sein, daß der Ätzkalk des Mörtels allmählich eine Umwandlung in Kalziumkarbonat erleidet, und daß dabei das Hydratwasser frei wird. Das sogenannte „Trockenwohnen" sollte mithin wesentlich darauf beruhen, daß die Bewohner viel Kohlensäure liefern und so die Umwandlung des Ätzkalks in Kalziumkarbonat beschleunigen. Demnach würde das beste Mittel zur Austrocknung von Neubauten darin bestehen, daß Kohlensäure-Apparate und offene Kohlenbecken in den Räumen aufgestellt werden. — Aus den oben gegebenen Zahlen ist indes ohne weiteres ersichtlich, daß die weitaus größte Masse des in einem Neubau steckenden Wassers mechanisch beigemengt ist; das Hydratwasser macht nur etwa 5—10% der ganzen Wassermasse aus und tritt an Bedeutung hinter jenem weit zurück. Dementsprechend sind Neubauten nicht vorzugsweise durch Kohlensäure zu trocknen, sondern in erster Linie durch Verdunstung der großen Wassermassen. Daß austrocknende Luft in der Tat das wirksamste Mittel zur Beseitigung der Mauerfeuchtigkeit ist, läßt sich schon aus der Erfahrung entnehmen, daß in Ländern, wo die Luft starkes Sättigungsdefizit zeigt (Westküste von Nordamerika, Ägypten), die neugebauten Häuser sofort beziehbar sind, obwohl denselben hier durchaus nicht mehr Kohlensäure zugeführt wird.

Der schädlichen Wirkung feuchter Neubauten hat man durch Festsetzung einer Austrocknungsfrist in den Bauordnungen vorzubeugen gesucht. Nach den obigen Ausführungen ist es aber schwierig, eine solche je nach dem Klima und nach der Jahreszeit richtig zu bemessen. In Norddeutschland schwankt sie zwischen 6—12 Wochen. Wünschenswert ist es, in allen Zweifelsfällen die Beziehbarkeit eines Neubaues von einer Feststellung der Mauerfeuchtigkeit nach der unten angegebenen Methode der Wasserbestimmung in Mörtelproben abhängig zu machen.

2. Eine fernere im Bau belegene Ursache abnormer Feuchtigkeit von Wohnungen kann der mangelhafte Abschluß der Fundamentmauern gegen die Bodenfeuchtigkeit und das Grundwasser sein. Nachträglich ist dieser Fehler nur schwer vollständig wieder gut zu machen.

3. Hauswände, die nach der Wetterseite liegen und von Schlagregen getroffen werden, und die außerdem nachts frei gegen den Horizont ausstrahlen und daher abnorme Abkühlung erfahren, sind oft andauernd feucht, namentlich wenn sie an ihrer äußeren Fläche aus aufsaugungsfähigem Material hergestellt sind. — Hier kann durch Anbringung undurchlässiger und zugleich die Abkühlung hemmender Bedeckungen Abhilfe gewährt werden.

4. Kellerwohnungen, die tief unter die Bodenoberfläche herabreichen, zeigen feuchte Wände, weil diese so niedrige Temperatur haben, daß aus wärmerer Außenluft, ebenso aber aus der mit Wasserdampf er-

füllten Luft des Wohnraums sich Kondenswasser auf ihnen niederschlägt. — Vielfach hat man teils aus diesem Grunde, teils wegen der geringen Licht- und Luftzufuhr Kellerräume als überhaupt ungeeignet zum Wohnen bezeichnet. Indessen sind Konstruktionen ausführbar, durch welche die Nachteile beseitigt werden. Sind die Fundamentmauern gut gedichtet, ist das Haus von einem Lichtgraben umzogen, sind die Fenster hoch und der Fußboden nicht zu tief unter die Bodenoberfläche gelegt, so entstehen Wohnungen, welche keine wesentlichen hygienischen Nachteile darbieten, dagegen gegenüber den hochgelegenen Stockwerken den großen Vorzug niederer Hochsommer- und höherer Wintertemperaturen haben. Nachweislich ist insbesondere die Sommersterblichkeit der Säuglinge in den Kellerwohnungen eine auffällig geringe.

Kellerräume, welche nicht in dieser Weise hergerichtet sind, dürfen als Wohnräume nicht zugelassen werden. In den meisten Städten bestehen bereits Verordnungen, welche Kellerwohnungen, deren Fenster nach Norden oder nach bebauten Höfen gehen, verbieten; ferner ist zu verlangen, daß der Fußboden der Wohnräume nicht mehr als 0,5 m unter der Bodenoberfläche liegt. Weitere Bestimmungen über die minimale lichte Höhe, die Größe der Fenster, die zulässige Tiefe der Räume und die Isolierung der Kellersohle und der Mauern sind wünschenswert.

5. Auch unabhängig von der Bauart des Hauses kann abnorme Feuchtigkeit der Wohnung auftreten, selbst in älteren Häusern und in früher trocken gewesenen Wohnungen. Abgesehen von Durchfeuchtungen einzelner Wandteile durch Defekte an Wasser- und Abwasserleitungen oder Dachrinnen tritt häufig ein Feuchtwerden der Innenwände durch Kondensation des Wasserdampfs der Luft ein. Vorübergehend kann dies in jeder Wohnung erfolgen, wenn wärmere feuchte Außenluft mit den kälteren Innenwänden in Berührung tritt, z. B. nach längerer kühler Witterung, im Winter bei ungenügender Heizung usw.

Zu dauernder und intensiver Bildung von Schwitzwasser an den inneren Wandflächen kommt es namentlich durch reichliche Wasserdampfproduktion im Wohnraum. Ist letzterer übervölkert, so genügt schon die Wasserdampfausscheidung der Menschen zur Bildung von Schwitzwasser; meistens tritt noch Wasserdampfentwicklung durch Kochen, Waschen usw. hinzu; durch sog. Wrasenrohre, die in vielen Bauordnungen vorgeschrieben sind, kann diese einigermaßen beseitigt werden. Durch ein Übermaß von Wasserdampf bei geschlossenen Fenstern ist schließlich in jeder Wohnung Wandfeuchtigkeit zu erzielen; die Ursache derselben liegt dann nicht an der Wohnung, sondern in deren

mißbräuchlicher Benutzung durch die Bewohner. Oft haben frühere oder spätere Bewohner der gleichen Wohnung nicht über Feuchtigkeit zu klagen gehabt, weil sie nicht soviel Wasserdampf produzierten und bei gelegentlich stärkerer Produktion, namentlich dann, wenn starke Kondensation an den Fensterscheiben die nahende Sättigung anzeigte, durch Lüftung die Wände vor Durchfeuchtung schützten. — In der Praxis wird man bei der Beurteilung einer feuchten Wohnung vor allem mit dieser Quelle der Wandfeuchtigkeit rechnen müssen.

Die Bestimmung des Feuchtigkeitszustandes einer Wohnung und eines Hauses erfolgt durch die Ermittelung des Wassergehalts von Mörtelproben, sowohl Putz- wie Fugenmörtel, die aus den fraglichen Mauern, bei Neubauten in unteren Wohngeschossen aus den nach der Schatten- und Wetterseite gelegenen Mauern, mittels eines Hohlmeißels entnommen sind. Meist genügen 4 Proben von je 10—20 g Putz- und Fugenmörtel. Die Bestimmung des Wassergehalts erfolgt durch Trocknen im Vakuum oder in einem auf 100° erwärmten, von CO_2 und H_2O befreiten Luftstrom; oder nach Markl: 25 g Mörtel werden in 150 ccm starken Alkohol von bekanntem spez. Gewicht eingetragen; nach längerem Schütteln wird filtriert und im Filtrat wiederum das spez. Gew. bestimmt. — Nach Korff-Petersen benutzt man einfacher eine mit Manometer versehene Glasflasche, in welche 15 g des gut zerriebenen Mörtels und ein dünnwandiges geschlossenes Röhrchen mit Calciumkarbid gebracht werden. Letzteres wird durch kräftiges Schütteln zerbrochen, und aus dem Druck, den das frei werdende Acetylen auf das Manometer ausübt, kann der Wassergehalt des Mörtels berechnet werden. — Mörtel aus trockenen Mauern enthält 0,5—1,0 % Wasser; bei bewohnbaren Neubauten höchstens 2 % Wasser. Bei stärkeren Graden von Feuchtigkeit geben schon feuchte Flecke und Schimmelpilzbildung an den Wänden, Schimmelwucherung auf frischem Brot, auf Stiefeln, der modrige Geruch, Schwammbildung usw. gewisse, aber oft trügerische Anhaltspunkte.

Literatur: Lehmann und Nussbaum, Feuchtigkeit von Neubauten, Arch. f. Hygiene. 1889. — Emmerich, ibid. 1892. — Nussbaum, Wohnhaus l. c. — Korff-Petersen, Zeitschr. f. Hyg., Bd. 75. — Hausschwammforschungen, i. amtl. Auftrag herausgegeben von Prof. Möller, Jena, 1. Heft 1907, 6. Heft 1912; darin Arbeiten von Falck, Möller u. a.

IV. Temperaturregulierung der Wohnräume.

Während im Freien die Entwärmung unseres Körpers verhältnismäßig leicht vonstatten geht, weil namentlich an die bewegte Luft durch Leitung und Wasserverdampfung viel Wärme abgegeben werden kann, fungieren diese beiden Wege in Wohnräumen fast gar nicht, und es kommt viel leichter zur Wärmestauung. Findet andererseits im Freien eine stärkere Wärmeentziehung statt, so können wir meist durch vermehrte

Muskelarbeit, rascheres Gehen usw. einer fühlbaren Entwärmung des Körpers vorbeugen. Im Zimmer sollen wir uns dagegen bei andauerndruhigem Aufenthalt behaglich fühlen, und dementsprechend sind wir gegen ein Absinken der Temperatur außerordentlich viel empfindlicher. Die Schwankungen der Temperatur der Luft und der Wände innerhalb des Wohnraums dürfen sich daher nur in sehr engen Grenzen bewegen; bei Winterkleidung zwischen 17 und 20 °, bei Sommerkleidung zwischen 18 und 22 °. Um diese Temperatur das ganze Jahr hindurch herzustellen, bedarf es einer Reihe von künstlichen Vorrichtungen.

A. Temperaturregulierung im Sommer.

Bezüglich der Temperaturverhältnisse des Wohnraumes im Sommer ist zunächst zu beachten, daß die Lufttemperatur des Zimmers vollständig abhängig ist von der Wandtemperatur. Die Wände stellen ungeheure Wärmereservoire dar, welche imstande sind, das Vielfache der Zimmerluft auf den gleichen Temperaturgrad zu erwärmen, ohne daß sie selbst eine wesentliche Änderung der Temperatur erfahren.

Da aber die Wände und das Dach des Hauses direkt durch die Sonnenstrahlen beeinflußt werden, erhalten wir innerhalb der Wohnung häufig Temperaturen, welche weit über die Luftwärme im Freien hinausgehen.

Die Insolationswärme einer Mauer hängt ab 1. von ihrer Dicke; je geringer dieselbe, um so höher wird die Innentemperatur und die Lufttemperatur des Wohnraumes. Bei sehr dicken Wandungen kann der allmähliche Ausgleich der Temperatur ein so vollständiger werden, daß, ähnlich wie in tieferem Boden, die Tages- und selbst die Monatsschwankungen der Temperatur an der Innenfläche nicht bemerkbar werden. 2. Von der Absorption der Sonnenstrahlen an der äußeren Oberfläche; sie ist vorzugsweise abhängig von der Farbe. Da aber dunklere Farben beim Anstrich der Häuser fast stets vermieden werden, ist dieses Moment verhältnismäßig wenig einflußreich. 3. Von der Dauer und Intensität der Strahlung, für die hauptsächlich die Tageslänge, der Grad der Bewölkung, die Himmelsrichtung der bestrahlten Wand usw. von Bedeutung sind (s. S. 297). In den Tropen ist die Insolationswärme der Mauern nicht so bedeutend, wie in unserem Klima, weil die Sonne dort höher steht und die Strahlen mehr im spitzen Winkel die Wandungen treffen. Allerdings wird das Dach unter den Tropen um so intensiver bestrahlt.

An der Außenfläche der bestrahlten Mauern erreicht die Temperatur häufig 40—50 °. Diese Wärme wird sehr allmählich durch die Wand fortgeleitet und dabei tritt ein steter Verlust von Wärme ein. Die für die Wohnräume maßgebende Temperatur der Innenwände ist daher erheblich abgeschwächt und tritt mit starker zeitlicher Verschiebung auf. Das schließlich resultierende Verhalten der Wandtemperaturen läßt sich durch Rechnung auf Grund bestimmter Formeln ableiten,

besser aber durch in die Wand eingelassene und mit aufwärts gebogener Skala versehene Thermometer bzw. durch Thermoelemente beobachten.

Die Beobachtungen haben für den Sommer unseres Klimas ergeben, daß die unbestrahlte Nordwand ungefähr die mittlere Temperatur der äußeren Luft zeigt, daß dagegen schon die Südwand wesentlich höher erwärmt wird; noch wärmer ist die Ost- und Westwand. — Der Grad der Temperaturerhöhung und die Zeit des Auftretens des Maximums an der Innenfläche läßt sich aus folgendem Beobachtungsbeispiel entnehmen:

	Bei einer Wanddicke von 15 cm		Bei einer Wanddicke von 50 cm	
	Temperatur-grad	Zeit	Temperatur-grad	Zeit
Nordwand	20°	—	20°	—
Südwand	23°	6^h nachm.	21°	1^h früh
Ostwand	28,5°	3^h nachm.	23°	9^h abends
Westwand	30°	9^h abends	24°	3^h früh

Die Ost- und Westwände zeigen also auch bei bedeutender Wandstärke an den Innenflächen noch eine Erhöhung um 3 oder 4° über die Temperatur der unbestrahlten Wände, und die höchste Erwärmung der Innenräume durch die Ostwand findet von 7—11 Uhr abends, durch die Westwand von 1—5 Uhr früh statt.

Diese Temperaturen erfahren ferner eine erhebliche Steigerung in höheren Etagen. Hier macht sich einerseits der Einfluß des bestrahlten Daches geltend, während die Abkühlung durch den kühleren Boden in Fortfall kommt; andererseits summieren sich die Wirkungen der inneren Wärmequellen des Hauses, namentlich liefern die Küchenkamine in die oberen Stockwerke eine bedeutende Wärmemenge. In den höchsten Etagen dicht bewohnter Häuser beobachtet man daher im Hochsommer nicht selten gerade nachts Temperaturen von 25—32° und mehr. — Die intensiven Wärmegrade pflegen sich gewöhnlich erst in der zweiten Hälfte des Juni, bzw. im Juli einzustellen, weil der Wechsel der Witterung bis dahin nur selten einen gleichmäßigen Anstieg der Wandtemperaturen herbeiführt. Einzelne heiße Tage zeigen nur geringe und vorübergehende Effekte, erst bei länger dauernder Einwirkung einer kräftigen Insolation kommen jene hohen Temperaturen zustande. Am schlimmsten sind die Wirkungen in den großen Städten im Spätsommer, wenn die gewaltigen Steinmassen der Häuser zu einem großen Wärmereservoir geworden sind. — Wohl zu beachten ist, daß zur Vermittelung der Insolationswärme freistehende fensterlose Wände weitaus am geeignet-

sten sind. Fenster bilden eher günstig wirkende Unterbrechungen der Wärmereservoire; und der Sonneneinfall durch die Fenster kann verhältnismäßig leicht durch außen angebrachte Jalousien, Läden, Markisen usw. abgehalten werden.

Die Folgen dieser hohen Wohnungstemperaturen unseres Hochsommers bestehen in einer teilweisen Behinderung der Wärmeabgabe und deren Konsequenzen. Bei empfindlichen Erwachsenen, Rekonvaleszenten usw. tritt Erschlaffung, Appetitmangel, schließlich Anämie auf. Bei kleinen Kindern, die noch nicht selbständig durch Wahl der Kleidung, Nahrung usw. ihre Wärmeregulierung zu unterstützen vermögen, kann es zu wirklich bedrohlicher Wärmestauung kommen (infantiler Hitzschlag). — Ferner tritt in den mit mangelhaften Einrichtungen zur Aufbewahrung der Nahrungsmittel versehenen Wohnungen rasche Zersetzung der Speisen ein. In Fleisch und namentlich in der Milch wuchern die verschiedensten Bakterien, und es häufen sich infolgedessen die infektiösen Darmerkrankungen. (S. Kap. VIII).

Maßregeln zum Schutz gegen die hohe Sommertemperatur der Wohnungen. Zunächst kann ein gewisser Schutz durch die Bauart der Häuser gewährt werden. In südlichen und tropischen Ländern ist letztere in viel ausgesprochenerem Maße auf eine Fernhaltung der Insolationswärme zugeschnitten, als bei uns.

Dort wird entweder das freistehende, einstöckige Haus mit seiner Längsrichtung von Osten nach Westen gestellt und das Dach bis nahe zum Erdboden über die Wände hinweggeführt. Oder in südlichen Städten findet man die Straßen so eng, daß die Häuserfronten der Insolation fast völlig entzogen sind; oder wo dies nicht der Fall ist, liegen die Wohnräume nach dem schattigen Hofe und sind von den bestrahlten Außenseiten durch zwischenlaufende Gänge und Galerien getrennt; die engen Straßen bzw. die Höfe werden oft zur Zeit der stärksten Sonnenglut mit Stoffen überspannt. Zuweilen sucht man auch Schutz durch extreme Dicke der Mauern; in Indien existieren derartige Wohngebäude, welche in ihrem Innern fast das ganze Jahr hindurch die mittlere Jahrestemperatur zeigen.

Mit Rücksicht auf unseren langdauernden Winter können wir von keiner dieser Bauarten Gebrauch machen. Ein einfaches und zweckmäßiges Schutzmittel können wir aber verwenden: eine Bedeckung der Insolationsfläche in einem gewissen Abstand von der Mauer, so eingerichtet, daß im Sommer in dem Zwischenraum reichliche Luft zirkulieren kann. Die Bedeckung mag in einer dünnen, oben und unten zu öffenden Vormauer aus Kunststein, Holz oder Rohr bestehen; oder nur in Matten; oder in rankenden Gewächsen (wilder Hopfen; spanischer wilder Wein). An einigen Orten hat man Vorrichtungen getroffen, um durch Berieseln der bestrahlten Wände bzw. des Daches mit Wasser der Insolation entgegenzuwirken; doch scheint sich dies nicht bewährt zu haben.

Ferner sollte unter allen Umständen das Dach des Hauses durch zirkulierende Luftschichten isoliert werden.

Eine vorübergehende Kühlung kann versucht werden durch Zufuhr kalter Luft zu den überhitzten Wohnräumen. Dabei ist indes zu bedenken, wie außerordentlich groß die Wärmekapazität der Wände ist, und wie gering dagegen die der Luft. Eine vorübergehende Luftzufuhr hat daher niemals einen genügenden Effekt; sobald die Luftzufuhr aufgehört hat, ist stets nach kurzer Zeit die frühere Temperatur des Zimmers wiederhergestellt. Eine Entwärmung können wir daher nur dadurch erzielen, daß wir fortdauernd während unseres Aufenthalts im Zimmer die Luft desselben über einen Kühlkörper zirkulieren lassen, und zwar ausgiebig genug, um eine gewisse Menge von Wärme von unserem Körper fortzuführen, aber andererseits nicht so stark und nicht mit so intensiver Kühlung, daß Zugempfindung oder einseitige Entwärmung eintreten könnte (Korff-Petersen).

Bei größeren Gebäuden ist der Versuch gemacht, von außen künstlich gekühlte Luft den Wohnräumen zuzuführen. Die Kühlung wird durch Wasser, Eis oder Eismaschinen bewirkt; oder dadurch, daß die Luft längere Strecken in tief in die Erde gelegten Kanälen zurückgelegt hat. Alle diese Mittel wirken indes nur bei ausgiebiger Anwendung und sind bis jetzt zu kostspielig, um allgemeiner brauchbar zu sein.

In kleinem Maßstabe sucht man wohl einen Wohnraum dadurch zu kühlen, daß man reichliche Mengen Wasser auf den Fußboden bzw. an den Wänden verteilt und zum Verdunsten bringt. 1 Liter Wasser bindet bei seiner Verwandlung in Dampf 580 Wärmeeinheiten; soll ein irgend erheblicher Betrag von Wärme auf diesem Wege fortgeschafft werden, so sind daher selbst für kleine Räume mindestens 9—10 Liter Wasser in kurzer Zeit zu verdampfen. Dabei liegt aber eine entschiedene Gefahr für die Entwärmung des Körpers darin, daß die steigende Luftfeuchtigkeit die Wasserdampfabgabe vom Körper erschwert und damit einen der wichtigsten Wege der Wärmeabgabe verschließt. Will man daher nicht eher eine Behinderung der Wärmeabgabe statt der erhofften Erleichterung eintreten sehen, so muß für eine stete Fortschaffung des gebildeten Wasserdampfes durch gleichzeitige reichliche Lüftung gesorgt werden.

Auch die beim Schmelzen des Eises latent werdende Wärme hat man für die Entwärmung von Wohnräumen auszunutzen gesucht. Ein Kilo Eis bindet beim Schmelzen 80 Wärmeeinheiten; bringt man 50 Kilo Eis innerhalb einiger Stunden zum Schmelzen, so werden damit 4000 Wärmeeinheiten entfernt. Auch diese Menge reicht aber nicht einmal aus, um eine fühlbare Kühlung überhitzter Wohnräume zu bewirken.

B. Temperaturregulierung im Winter.

Zur Erwärmung der Räume während des Winters benutzen wir Brennmaterialien, die in besonderen Heizvorrichtungen verbrannt werden.

Die Brennmaterialien sind Stoffe, deren Bestandteile (vorzugsweise Kohlenstoff und Wasserstoff) sich unter Wärmeentwickelung mit Sauerstoff verbinden, und welche außerdem die Verbrennung selbständig weiterleiten, nachdem sie einmal an einer Stelle auf die Anzündungstemperatur erhitzt sind. Benutzt werden hauptsächlich Holz, Torf, Braunkohle, Steinkohle; ferner die durch trockene Destillation des Holzes gewonnene Holzkohle und der bei der Destillation der Steinkohle zurückbleibende Koks, beides Brennmaterialien, die aus verhältnismäßig reinem Kohlenstoff bestehen. Außerdem werden gasförmige Brennmaterialien benutzt, so das bei der Destillation der Steinkohle gewonnene Leuchtgas, ferner die aus schlechter und direkt nicht benutzbarer Braunkohle bereiteten Generatorgase; oder das Wassergas, eine Mischung von Kohlenoxydgas und Wasserstoff, dadurch gewonnen, daß ein Strom von erhitztem Wasserdampf in einem Schachtofen über glühende Kohlen geleitet ist. Endlich fängt neuerdings die elektrische Heizung an, für praktische Zwecke benutzbar zu werden. — Aus der folgenden Tabelle ist der kalorimetrische Effekt der Brennmaterialien, i. e. die Wärmemenge, welche die Gewichtseinheiten bei vollständiger Verbrennung liefern, und die zur Verbrennung erforderliche Luftmenge zu entnehmen.

	Kalorimetrischer Effekt	Luftbedarf
1 Kilo Holz	2731 W.-E.	3,5 cbm
1 „ Torf	3550 „	3,4 „
1 „ Braunkohle	5350 „	5,0 „
1 „ Steinkohle	7760 „	7,5 „
1 „ Holzkohle	7750 „	7,9 „
1 „ Koks	7065 „	7,7 „
1 „ Leuchtgas	11113 „	11,6 „

An die Heizvorrichtungen haben wir folgende Anforderungen zu stellen:

1. Da die Temperatur im Wohnraum 17° nicht unter- und 19° nicht überschreiten soll (bei Häusern mit Zentralheizung, wo auch Korridorwände usw. mit beheizt werden, empfindet man eine Temperatur von 19° sogar schon als zu warm), und da andererseits die Außentemperatur während der Heizperiode in unserem Klima außerordentlichen Schwankungen unterliegt, müssen die Heizapparate sehr gut regulierfähig sein, und Heizkörper von großer Wärmekapazität dürfen keinesfalls im Zimmer aufgestellt werden.

2. Die Temperatur soll im ganzen Zimmer gleichmäßig verteilt sein, sowohl in der horizontalen wie in der vertikalen Richtung. Ungleiche Temperaturverteilung kommt namentlich durch stark erwärmte Heizkörper zustande. Es resultiert dann eine sehr rasche

Abnahme der Temperatur mit der seitlichen Entfernung vom Heizapparat; ferner eine bedeutend höhere Temperatur in den oberen Luftschichten als in der Nähe des Fußbodens. Solche Ungleichmäßigkeiten der Erwärmung führen leicht zu einer Störung der Wärmeregulierung und zu Erkältungskrankheiten.

3. Wünschenswert ist, daß die Heizung einigermaßen sich kontinuierlich vollzieht und daß namentlich über Nacht nicht eine vollständige Auskühlung der Wohnräume eintritt. Im Anfang der Beheizung kommt es sonst leicht zu ungleichmäßiger Entwärmung des Körpers unter dem Einfluß der erkalteten Wandflächen des Zimmers.

4. Die Heizung soll keine gasförmigen Verunreinigungen in die Wohnungsluft gelangen lassen. Zu dem Zwecke müssen die Verbrennungsprodukte, die aus Kohlensäure, Stickstoff, Kohlenwasserstoffen, sowie aus dem giftigen Kohlenoxydgas bestehen, vollständig nach außen geleitet werden.

In früherer Zeit ist es häufiger zu einem Eindringen der Rauchgase in die Wohnung gekommen infolge frühzeitigen Schlusses der sogenannten Ofenklappen. Dieselben wurden am Übergange des Ofens in den Schornstein angebracht und sollten nach Beendigung der Verbrennung geschlossen werden, um die Wärme des Ofens vollständiger zurückzuhalten und für das Zimmer auszunutzen. Wurden sie aber vor Beendigung der Verbrennung geschlossen, so drangen die Rauchgase, und unter diesen auch Kohlenoxydgas, in die Wohnungsluft ein. Jetzt sind fast überall die Ofenklappen beseitigt und die Regulierung der Feuerung ist in die Ofentür, also vor die Feuerung verlegt.

Indessen soll auch dann, wenn die Rauchgase in vorschriftsmäßiger Weise abgeleitet werden, zuweilen Kohlenoxydgas in Luft von beheizten Räumen übergehen, und zwar durch glühend gewordene gußeiserne Öfen. In der Tat ist experimentell nachgewiesen, daß glühendes Gußeisen für Kohlenoxydgas permeabel ist. Aber aus diesem Experiment ist nicht zu folgern, daß aus Heizanlagen mit normalem Zug größere Mengen von Kohlenoxydgas in die Wohnungsluft übertreten können; denn solange die Feuerung unterhalten wird, besteht hier fortwährend ein lebhafter Zug in den Ofen hinein, und es erfolgt daher kein Austritt von Gasen in umgekehrter Richtung, solange noch eine stärkere Entwickelung von Verbrennungsgasen und Kohlenoxydgas stattfindet. Nur wenn die Öfen zu früh geschlossen werden, können für eine kurze Zeit die massenhaft entwickelten Rauchgase teilweise auch in die Zimmerluft ihren Ausgang suchen.

Nachweislich entstehen gewisse Mengen von Kohlenoxydgas, Ammoniak und anderen flüchtigen Produkten durch Erhitzung und trockene Destillation von Staub an der Außenseite stark geheizter Öfen und Heizkörper. Namentlich auf den Kaloriferen von Luftheizungsanlagen, aber auch auf Heizkörpern der Dampf- oder Heißwasserheizungen kommt es oft zu starken Staubansammlungen und zu einem merklichen

Gehalt der Zimmerluft an Kohlenoxydgas und brenzlig riechenden Produkten. Nur wenn die Temperatur der Heizkörper 70 ° nicht überschreitet, ist die Bildung solcher Destillationsprodukte dauernd ausgeschlossen.

5. Die Heizung soll der Wohnungsluft so wenig wie möglich Staub zuführen. Torf, Kohle, Koks liefern beim Beschicken der Öfen die größten Staubmengen. Es ist daher wünschenswert, daß bei diesen Materialien die Beschickung so selten als möglich, und wenn es irgend geht, außerhalb des Wohnraumes (vom Korridor aus) erfolgt. — Außerdem bewirken die warmen Heizkörper eine lebhafte Zirkulation der Innenluft. Dadurch kann aufgewirbelter Staub lange schwebend erhalten und fortgetragen werden. Die Schwärzung der Zimmerwände hinter den Heizkörpern rührt von den fortgesetzt durch aufsteigende Luftströme dorthin geführten Staubteilchen her.

6. Die Luft des beheizten Wohnraumes soll einen bekömmlichen Feuchtigkeitsgehalt haben.

Die Außenluft hat im Winter infolge ihrer niederen Temperatur eine sehr geringe absolute Feuchtigkeit, beispielsweise bei 0 ° und 100 % Sättigung nur 4,6 mm Wasserdampf. Tritt nun diese Luft in das Zimmer und wird dort auf 20 ° erwärmt, ohne daß sie weiteren Wasserdampf aufnehmen kann, so entsteht ein sehr bedeutendes Sättigungsdefizit. Die Luft vermag bei + 20 ° bis zu 17,4 mm Wasserdampf aufzunehmen; finden sich aber nur 4,6 mm vor, so beträgt die relative Feuchtigkeit nur 26 % und das Sättigungsdefizit 13 mm. Je niedriger die Außentemperatur, je höher dagegen die Temperatur der Wohnungsluft ist, um so geringer muß die relative Feuchtigkeit und um so größer das Sättigungsdefizit ausfallen.

Im allgemeinen ist daher jede Heizluft relativ trocken, oft sogar sehr trocken. Wie bereits früher (S. 37) ausgeführt wurde, wird aber bei Zimmertemperatur eine relative Feuchtigkeit sogar von nur 20% bzw. ein Sättigungsdefizit von 10 mm gut ertragen. Erst dann, wenn die Luft viel Staub und eventuell noch brenzliche, durch Destillation des Staubes entstehende Produkte enthält, treten insofern Belästigungen hervor, als es in solcher Luft leicht zu Reizung und Schmerzempfindung auf der Kehlkopfschleimhaut, namentlich bei anhaltendem Sprechen kommt. — Dagegen sind wir, wie oben betont wurde, gegen höhere Feuchtigkeitsgrade bei der Temperatur geheizter Räume sehr empfindlich. Schon eine 60 % übersteigende Feuchtigkeit ruft, namentlich sobald etwas Überheizung vorliegt, ein Gefühl von Bangigkeit und Beklemmung hervor. Als obere Grenze für die Luft beheizter Wohnräume ist daher eine Feuchtigkeit von 30 bis höchstens 50 % zu bezeichnen.

Die Lufttrockenheit kann korrigiert werden entweder durch Verstäubungsapparate, durch welche Wasser mechanisch fortgerissen wird (Brausen, die gegen ein Blechdach treffen; rotierende Räder, die in Wasser eintauchen usw.); oder durch Verdampfungsapparate. Letztere werden an heißen Stellen, auf den Öfen und Kaloriferen selbst angebracht, weil sonst keine ausgiebige Wasserverdunstung stattfindet und kalte Luft nicht zur Aufnahme größerer Wasserdampfmengen befähigt ist. Im Zimmer aufzustellende Apparate mit kleiner Verdunstungsfläche, die vielfach angepriesen werden, sind Spielereien, die keine nennenswerte Befeuchtung der Luft leisten.

7. An Stelle der zur Verbrennung des Brennmaterials im Heizkörper des Zimmers konsumierten Luft muß reine Luft in das Zimmer eingeführt werden. Bei den meisten Heizbetrieben wird nicht nur diejenige Luftmenge fortgeführt, die zur Verbrennung des Brennmaterials gerade erforderlich ist, sondern der starke, durch die Erhitzung bewirkte Auftrieb veranlaßt noch ein Abströmen überschüssiger Luftmengen durch den Verbrennungsraum. Ferner kommt auch durch jeden geschlossenen Heizkörper eine Erwärmung und Verdünnung der Luft des Wohnraumes zustande, die ein Nachdringen kälterer Außenluft zur Folge hat. Somit erhalten wir gleichzeitig mit der Heizung auch eine natürliche Ventilation der Wohnräume, deren quantitative Leistung von der Intensität der Beheizung abhängig ist. Für die nachströmende Luft müssen dann aber solche Wege vorgesehen werden, daß keine Verschlechterung der Luftqualität resultiert.

8. Die aus dem Schornstein entweichenden Verbrennungsgase sollen nur einen leichten, durchsichtigen Rauch bilden, da dichte Rauchmassen die Anwohner belästigen bzw. durch Einatmung von Ruß die Gesundheit schädigen (s. S. 85). Durch richtige Anlage und zweckmäßigen Betrieb läßt sich überall dichter Rauch vermeiden.

Bei der Wahl der Kohlen sind gänzlich auszuschließen die Gasflammkohlen (zur Herstellung von Leuchtgas am besten geeignet), die mit langer roter Flamme brennen und sehr viel Ruß liefern. Zu benutzen sind nur: 1. Fettkohlen in Nußgröße; da sie bei der Entzündung viel Rauch liefern, sind sie zu mischen mit 2. Magerkohle (Salonkohle), rußfrei brennend, aber für sich allein schwer entzündlich; oder mit 3. Koks; diese Mischung ist namentlich für Kachelöfen und Regulieröfen geeignet. 4. Anthrazitkohle, rußfrei, für Dauerbrandöfen, eventuell mit Koks zu mischen. 5. Briketts (Anthrazitbriketts in Eiform oder flache Steinkohle- oder Braunkohlebriketts), zum Nachwärmen geeignet; geben wenig Rauch.

Im Betrieb ist zu beachten: Vor dem Anheizen Rost und Aschekasten reinigen. Zum Anheizen nur kleine Stücke Kohle; erst bei voller Glut Ofen schließen; nach-

heizen mit nur 2—3 Schaufeln Kohle oder 6—10 Briketts und nur bei gut brennendem Feuer!

Die Einzelfeuerung liefert wesentlich mehr Rauch und Ruß als Zentralheizung; diese ist schon deshalb nach Möglichkeit zu fördern. Von großer Bedeutung für die Rußverminderung ist namentlich die Einführung von Gasköchherden, auch bei der ärmeren Bevölkerung. — In mehreren Städten hat sich die Einrichtung von Kommissionen oder Vereinen zur Rauchverhütung gut bewährt, die durch Merkblätter und Belehrung in Haushaltungsschulen, sowie bei vorliegender übertriebener Rauchentwicklung zunächst durch Belehrung, erforderlichenfalls durch polizeiliche Verbote, eine rationellere Heizung und eine Verminderung der Rauchplage anstreben.

9. Der Betrieb der Heizung muß gefahrlos, geräuschlos (Dampfheizungen!), einfach und billig sein.

Als preiswürdig bezeichnet man eine Heizanlage, wenn dieselbe ein möglichst hohes Güteverhältnis hat, d. h. wenn ein möglichst großer Bruchteil der insgesamt produzierten Wärmeeinheiten der Erwärmung des Zimmers zugute kommt. Gewöhnlich gehen durch die unvollständige Verbrennung des Materials und die mit höherer Temperatur entweichenden Rauchgase ca. 40—60 % der produzierten Wärme verloren, so daß oft nur etwa ein Drittel für die Erwärmung des Zimmers ausgenutzt wird.

An jeder Heizvorrichtung unterscheidet man:

a) den Verbrennungsraum. In demselben findet die Verbrennung des Materials statt; durch den Rost ist er in den eigentlichen Feuerungsraum und den darunter gelegenen Aschenfall geschieden. Durch den Rost findet der Luftzutritt statt; nur bei sehr leicht brennbarem Material (Holz) kann der Rost fehlen, und es genügt eine Öffnung für die Luftzufuhr an der Ofentür.

b) den Heizraum. Von diesem aus erfolgt die Wärmeabgabe an das Zimmer; der Heizraum wird daher nach Möglichkeit verlängert, und zwar in Gestalt der sogenannten Züge, durch welche die Rauchgase zunächst auf- und niederströmen müssen, ehe sie in den Rauchfang entweichen. Außerdem wird oft die Oberfläche des Heizraums durch Anbringung von Rippen und dgl. möglichst vergrößert und zur Abgabe der Wärme geeignet gemacht. Man darf indessen mit der Ausdehnung des Heizraumes nicht zu weit gehen. Die Rauchgase müssen immer noch mit einer Temperatur von 120—200 ° in den Schornstein gelangen, falls ein genügender Zug unterhalten werden soll und es darf daher keine Abkühlung der Rauchgase unter diese Temperatur erfolgen.

c) den Schornstein, der gewöhnlich durch später zu besprechende Aufsätze vor störenden Einflüssen des Windes, des Regens usw. geschützt wird.

Die gebräuchlichen Heizeinrichtungen teilt man ein in Lokalheizungen und Zentralheizungen.

a) Lokalheizungen.

Die Lokalheizungen sind teils Kamine, teils Öfen.

Bei den Kaminen existiert kein Heizraum, sondern es ist nur eine offene Feuerstelle vorhanden, welche direkt in den Schornstein übergeht (Fig. 58). Die Erwärmung des Zimmers erfolgt durch Strahlung vom Feuer aus. Bei Holzfeuerung wird nur $^1/_{16}$ der Wärme ausgenutzt. Der Fußboden bleibt kalt, ebenso die Luft, die in überreichlichen Mengen dem Kamin zuströmt (daher ausgiebige Ventilation). Sehr leicht gelangt ein Teil der Rauchgase in das Zimmer.

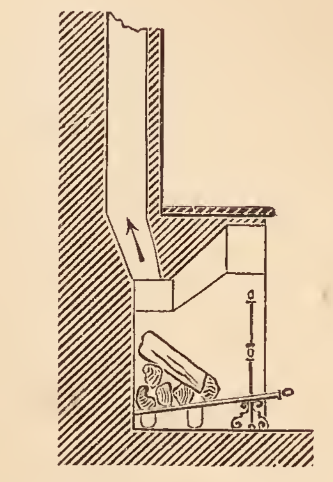


Fig. 58. Einfacher Kamin.

Eine gewisse Verbesserung können die Kamine dadurch erfahren, daß in denselben eine Kohlenfeuerung mit Rost angebracht wird; ferner an der Vorderseite ein Schild zur Regulierung des Luftzutritts. Außerdem wird die Übergangsöffnung des Kamins in den Schornstein kleiner gemacht und vor derselben eine stellbare Klappe zur Regulierung der Größe dieser Öffnung angebracht.

Wesentlich bessere Erwärmung liefern die Galtonschen Kamine (Fig. 59). Bei denselben ist das die Heizgase abführende Rauchrohr von einem Mantel umgeben, in welchen unten Luft eintritt. Diese erwärmt sich am Rauchrohr und tritt oben in das Zimmer. Dadurch findet eine viel bessere Ausnutzung der Brennmaterialien und gleichmäßigere Erwärmung des Zimmers statt. Immerhin ist die Kaminheizung selbst nach Anbringung aller dieser Verbesserungen für unser Klima durchaus ungenügend.

Bei den Öfen strömen die Verbrennungsgase durch einen ausgedehnten, für die Erwärmung des Zimmers möglichst nutzbar gemachten Heizraum.

Entweder verwendet man eiserne Öfen. In ihrer früheren primitiven Form sind dieselben unbedingt zu verwerfen; sie erwärmten sich nicht anhaltend, mußten sehr häufig beschickt werden und veranlaßten daher starke Staubentwicklung im Zimmer. Außerdem erhitzten sie sich zeitweise sehr intensiv und gaben dann zu höchst ungleicher Verteilung der Temperatur im Zimmer und zur Verbrennung von Staubteilchen Anlaß; andererseits kühlten sie rasch und vollständig wieder aus, so daß nur durch fortgesetzte sorgfältigste Bedienung eine gleichmäßige Regulierung der Temperatur gelang. — Unvollkommene Besserung wird durch die Ausfütterung der eisernen Öfen mit Schamottesteinen erreicht; diese beseitigen die Übelstände nur teilweise und sind wenig haltbar.

Alle Unzuträglichkeiten sind dagegen vollständig zu beseitigen durch die Konstruktion der Mantel-Regulier-Füllöfen. Als Füll- bzw. Schüttöfen werden dieselben bezeichnet, weil sie das ganze Brennmaterial auf 6—12—24 Stunden auf einmal aufnehmen. Die meisten der-

selben sind außerdem Dauerbrandöfen, d. h. sie brauchen nur einmal während der Heizperiode angeheizt zu werden, das frische Feuerungsmaterial wird immer auf die noch glimmenden Reste des früheren aufgeworfen. Die Öfen entsprechen daher am besten der oben aufgestellten Forderung einer möglichst kontinuierlichen Heizung.

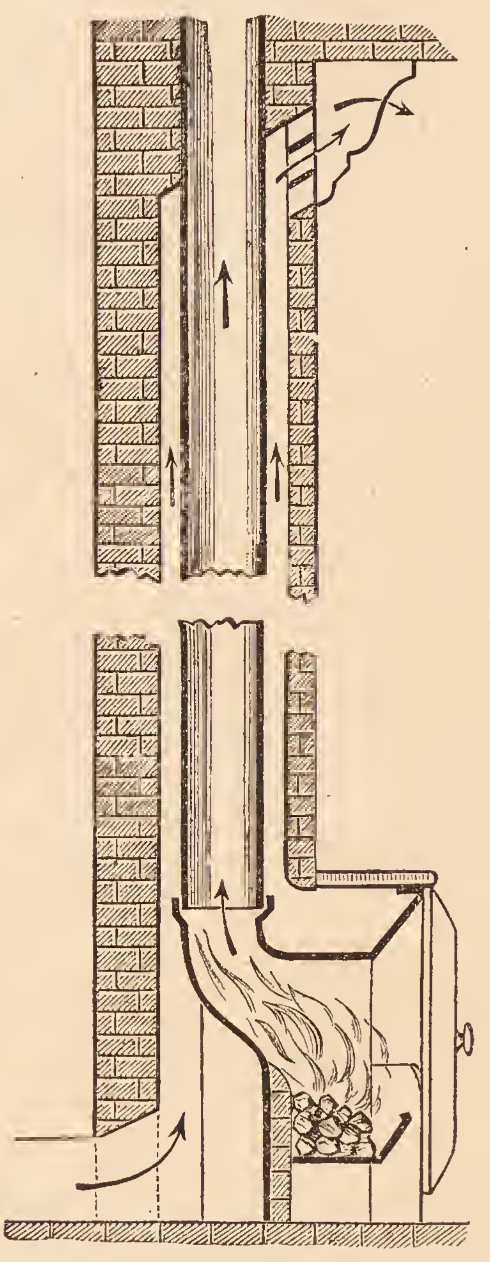


Fig. 59. Galtonscher Kamin.

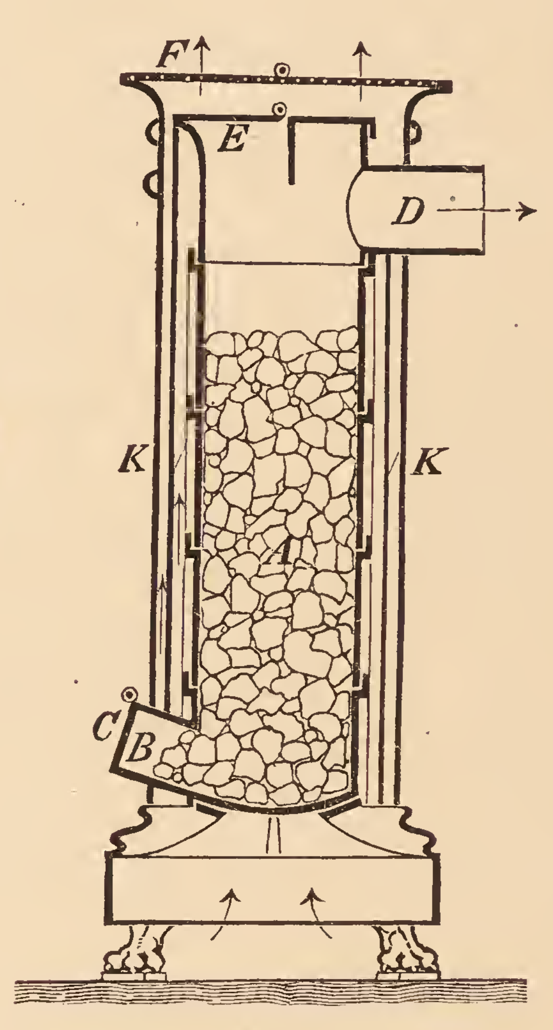


Fig. 60. Meidingerofen.
A Brennstoff. *B* Hals. *C* Verschiebbare Tür. *D* Rauchrohr. *E* Deckel. *F* Oberer durchbrochener Deckel. *K* Mantel.

Das Brennmaterial wird entweder in einen senkrecht stehenden Zylinder eingefüllt; die Verbrennung schreitet allmählich je nach Maßgabe des Luftzutritts fort. Dieser soll durch den unten gelegenen Rost erfolgen; um das zu ermöglichen, müssen Kohlen verwandt werden, die nicht zusammenbacken, sondern auch nach dem Erhitzen für Luft durchgängige Zwischenräume bieten. Am besten eignen sich Koks oder abgesiebte nußgroße Stücke Anthrazitkohle. Durch eine Tür, welche sich vor dem Rost befindet, ist die Verbrennung in sehr empfindlicher Weise regulierbar. Die Füllung des Zylinders kann eventuell auch außerhalb des Wohnraumes vorgenommen werden, und der ganze gefüllte Zylinder wird dann in den Ofen eingesenkt. — Oder die Öfen werden mit einem seitlichen Schacht konstruiert (Schachtöfen, Fig. 63), in welchen eine größere Menge Kohlen auf einmal eingefüllt wird, nachdem an der tiefsten Stelle auf dem Rost

ein Feuer angezündet ist; aus dem Schacht gleitet das zuerst aufgeworfene und das demnächst nachgeschüttete Brennmaterial allmählich abwärts in den Verbrennungsraum. Der Rost ist gewöhnlich von außen beweglich und dadurch eine Auffrischung des Feuers ermöglicht. — Eine besonders vollständige Verbrennung wird auch durch einen Korbrost mit aufrechtem Füllschacht erzielt.

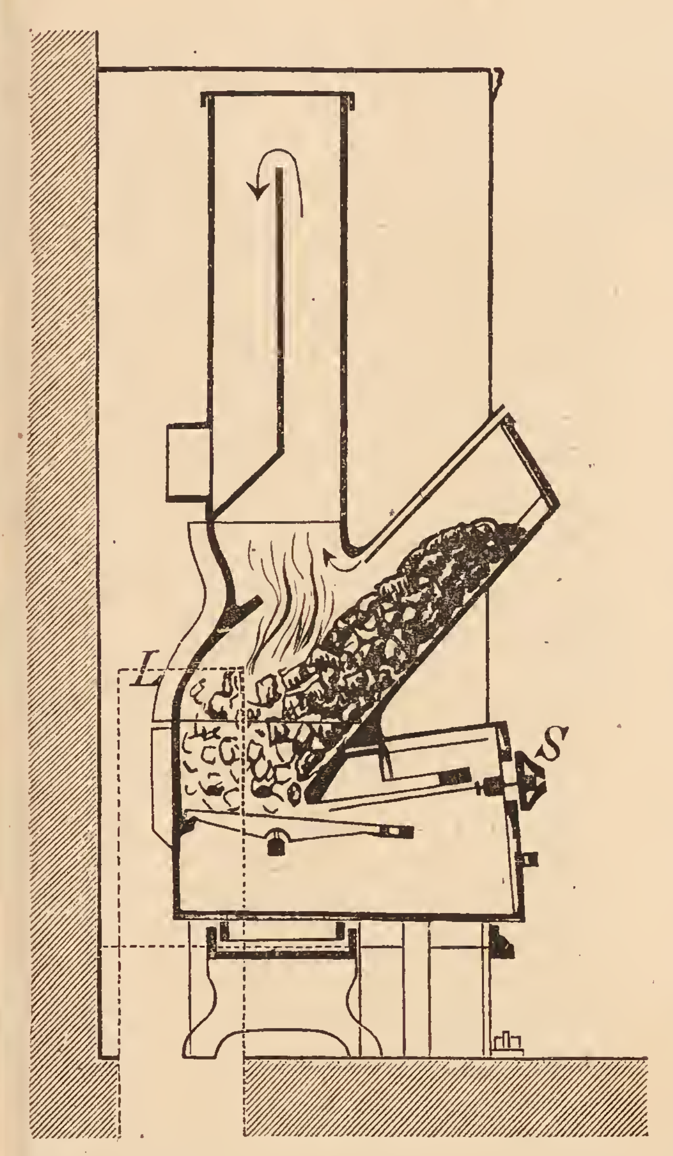


Fig. 61. Käufers Schachtofen, Längsschnitt. L Luftzufuhrkanal. S Regulierscheibe.

Zur Verhinderung der direkten Strahlung sind diese Öfen oft noch mit einem Mantel umgeben, d. h. in einem Abstande von mindestens 10 cm und höchstens 30—40 cm ist um den eigentlichen Ofen ein Blechzylinder gelegt, zuweilen in doppelter Lage, der unten in einem gewissen Abstand vom Fußboden endet, so daß die Luft des Zimmers mit der des Mantelraums kommuniziert. Der Mantel wird bei hinreichend weitem Abstand wenig mehr als handwarm; die Öfen wirken daher fast gar nicht durch Strahlung, sondern vorzugsweise durch zirkulierende erwärmte Luft, die fortwährend unten in den Mantelraum eintritt, oben erwärmt ausströmt und sich dann allmählich im Zimmer verteilt (Zirkulationsöfen). — Der Mantelraum läßt sich außerdem sehr gut mit einem Ventilationskanal verbinden, der unter dem Fußboden nach außen oder nach einem Korridor führt und durch welchen fortwährend frische Luft in das Zimmer geschafft wird (Ventilationsöfen s. Fig. 62 u. 63). Dieser Zufuhrkanal ist gewöhnlich durch eine Klappe regulierbar, so daß je nach Bedarf bald nur Zirkulation der Zimmerluft durch den Mantelraum und dann starke Erwärmung des Zimmers, bald lebhafte oder gemäßigte Ventilation hergestellt werden kann. — Nach diesen Prinzipien sind z. B. konstruiert der Meidingersche Ofen (Fig. 60), der Keidelsche Ofen (Fig. 62) und der Schachtofen von Käufer & Co. (Fig. 61). Ohne Mantel, aber gut regulierbar und als Dauerofen zu betreiben sind die Öfen von Juncker & Ruh und der Lönholdsche Ofen (Fig. 64); letzterer mit sog. Sturzflammenfeuerung, d. h. die Flammen und Gase der beiden getrennten Feuerungen dd stürzen in eine dazwischen liegende Schamotte-Heiz-

kammer a, in welcher sehr vollständige Verbrennung entsteht. Ferner die Cadé-Öfen, die mit sehr kleiner Anthrazitkohle (10—22 mm Korngröße) beschickt werden müssen und vielfach als Kaminöfen arrangiert werden. — Für größere Räume, Krankensäle usw. empfiehlt sich der Kellingsche Mantelofen (Fig. 63).

Wesentlich verschieden von den eisernen Öfen sind die Kachel- oder Massenöfen, bei welchen einmal am Tage eine größere Menge

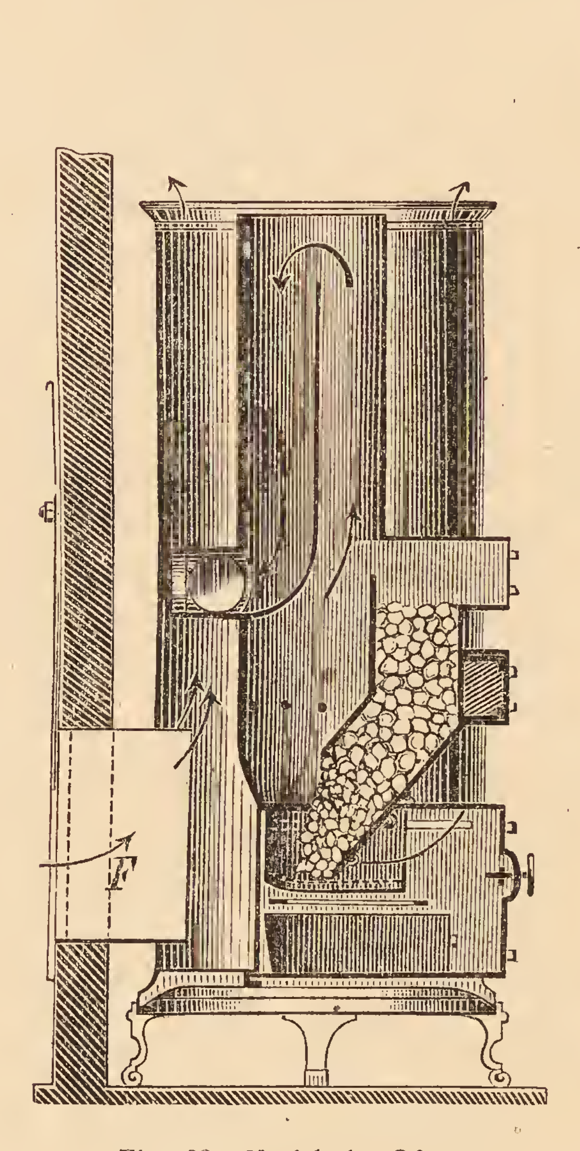


Fig. 62. Keidels Ofen. *F* Luftkanal, von außen kommend und in den Mantelraum mündend.

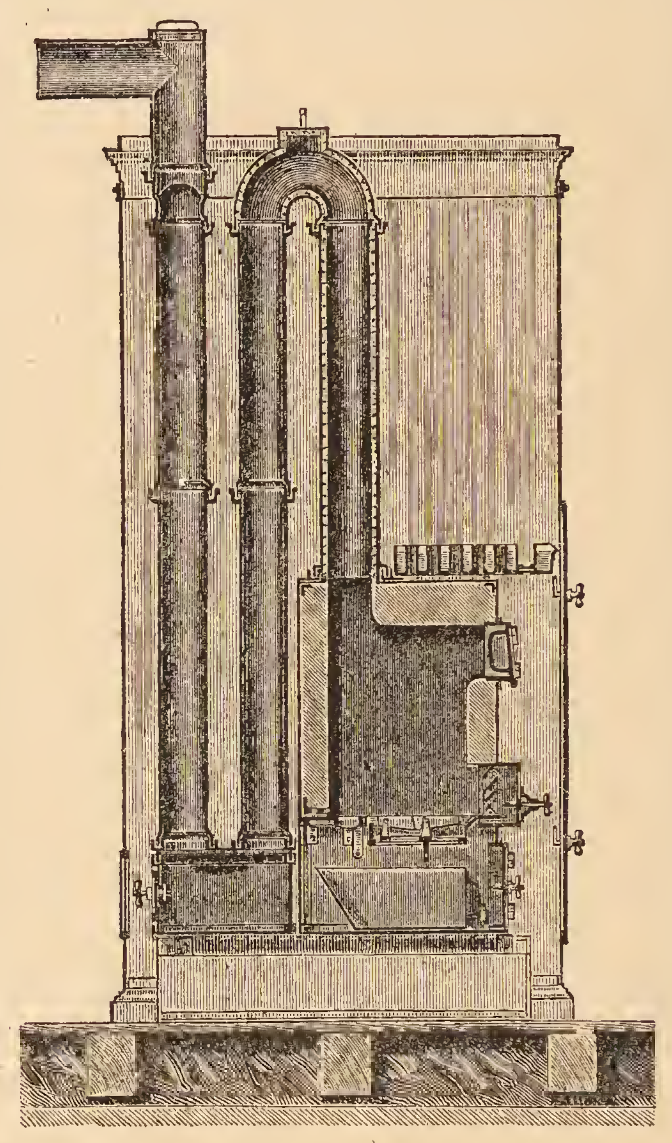


Fig. 63. Kellingscher Mantelofen.

Brennmaterial verbrannt und die dabei gelieferte Wärme in der Steinmasse des Ofens aufgespeichert wird, so daß dieselbe von dort allmählich in den Wohnraum übergeht. Zwischen den Zügen findet sich eine Füllung von Ziegeln und Lehm; außen ist der ganze Ofen mit Kacheln umkleidet. Je nach dem Umfange stellt derselbe dann ein größeres oder geringeres, im Vergleich zu den eisernen Öfen aber immer sehr bedeutendes Wärmereservoir dar. Um die Wärme gut auszunützen, muß der Ofen möglichst frei stehen und allseitig von Luft umstrichen werden können. — Tragen die Kachelöfen einen gußeisernen Feuerraum, so bezeichnet man sie als gemischte Öfen.

Die großen Kachelöfen sind für unser Klima entschieden nicht geeignet, weil sie zu schwer regulierbar sind und sich den steten Temperaturschwankungen unseres Winters und Frühjahrs nicht hinreichend anpassen lassen. Herrscht des Morgens eine Außentemperatur von 0° und ist dementsprechend der Ofen kräftig angeheizt, so kommt es vielfach vor, daß die Temperatur im Laufe des Tages auf + 10° steigt. Es gibt dann kein Mittel, um die Wärme des Ofens wieder herabzumindern; die einmal in dem großen Reservoir aufgespeicherte Wärme wird unter allen Umständen an den Wohnraum abgegeben und es muß dort eine Überhitzung zustande kommen. Andererseits ist es schwer, bei plötzlichem Sinken der Temperatur in wenigen Stunden eine entsprechend stärkere Erwärmung des Zimmers zu erzielen. — Die massiven Steinöfen sind daher nur für ein ausgesprochen nordisches Klima mit anhaltender Kälte geeignet und werden dann zweckmäßig abends geheizt. Für unser Klima müssen dieselben wenigstens von geringerem Umfange hergestellt, oder es müssen Übergänge zwischen den Eisen- und Kachelöfen konstruiert werden, z. B. dadurch, daß ein eiserner Füllofen mit einem Mantel von Kacheln umgeben wird.

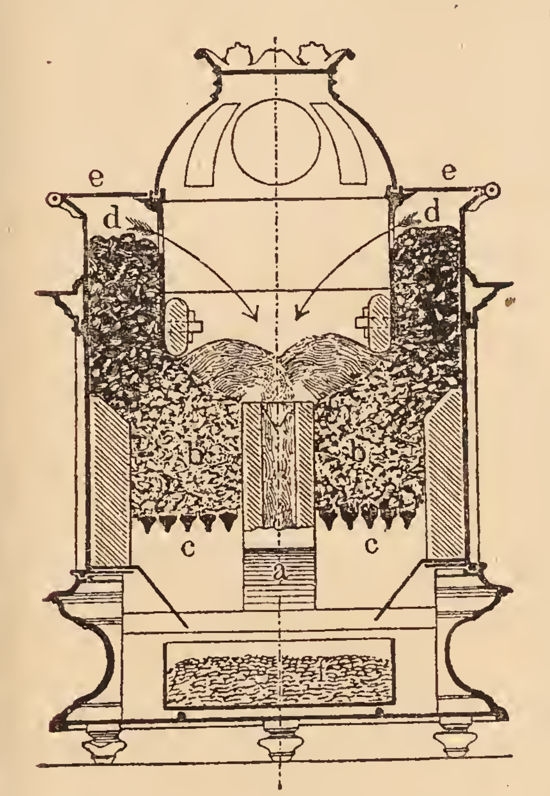


Fig. 64. Sturzflammenfeuerung.

Sehr vorteilhaft sind in vielen Fällen Gasöfen. Der Betrieb derselben und die Regulierung der Heizung ist einfacher und schneller wie bei jeder anderen Heizung; in kürzester Frist kann Erwärmung und ebensoleicht völlige Auskühlung des Ofens erzielt werden. Außerdem wird Staub und Ruß am besten vermieden. Unbedingt muß für Abfuhr der Heizgase (stets nach oben!) gesorgt sein. — Die Anschaffungskosten sind gering, der Betrieb dagegen teuer; sie sind daher da zu empfehlen, wo für Heizgas sehr billige Preise berechnet werden, oder wo nur ausnahmsweise und als Reserve diese Heizung zur Anwendung kommen soll (bei Warmwasserheizungen, ferner in Häusern mit verschiedensten Zentralheizungen, wenn nach deren Erlöschen im Frühsommer noch für kurze Zeit Heizung erforderlich ist, in Speisezimmern usw.).

Im Gebrauch sind namentlich zwei Konstruktionen: Reflektoröfen, in Kaminform, mit einem Strahlschirm von gewelltem Messingblech, welcher die Wärmestrahlen der im oberen Teil brennenden Gasflammen ins Zimmer reflektieren soll. Außerdem wird die Wärme der Verbrennungsgase noch durch Blechkanäle ausgenutzt (Fig. 65).

Mit besserer und regulierbarer Ventilation verbunden ist der Karlsruher Schulofen, ein Mantelofen, der vorzugsweise durch erwärmte Luft heizt und auf Zirkulation oder Ventilation gestellt werden

kann (s. Fig. 66). Die Verbrennungsprodukte des Gases steigen in einem konzentrischen engen „Schlitzkanal“ auf.

Zur Reserveheizung oder auch zur periodischen Beheizung kleinerer Räume verwendet man mit gutem Erfolg Petroleum- oder Spiritusöfen, deren Verbrennungsgase einer Ableitung in den Schornstein nicht unbedingt bedürfen.

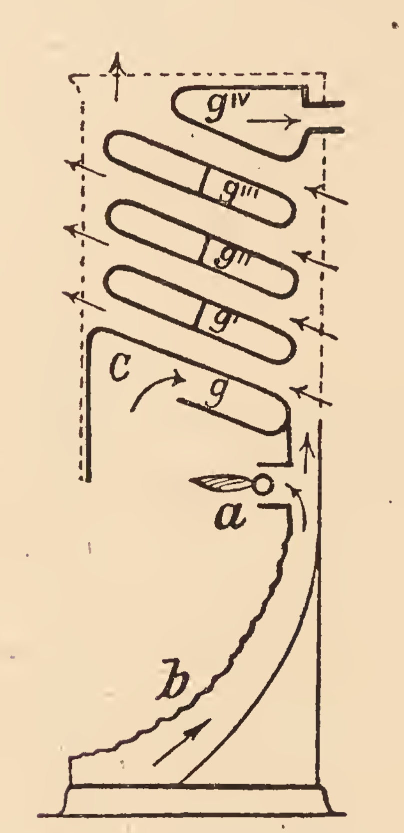


Fig. 65. Warsteiner Reflektorofen.

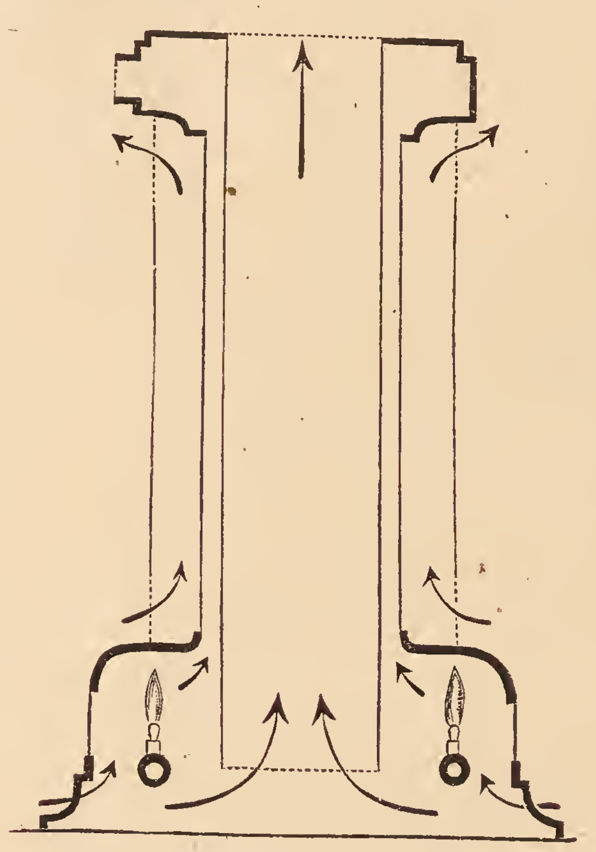


Fig. 66. Karlsruher Schulgasofen. (Durchschnitt.)

Immerhin kommt es beim Fehlen solcher Ableitungen zu erheblicher Wasserdampf- und CO_2-Ansammlung in der Zimmerluft, bei nicht sehr sorgfältigem Betriebe auch zu einem Gehalt an CO und anderen unvollkommenen Oxydationsprodukten. — Elektrische Heizung kommt an Orten in Betracht, wo billig elektrischer Strom zu haben ist (Wasserfälle); andernfalls sind die Kosten etwa zwanzigmal so hoch wie bei Steinkohlenheizung. Entweder dienen Freidrähte, die an Isolatoren befestigt und in Spiralform in einem Rahmen ausgespannt sind, als Heizkörper; oder isolierte Leiter auf Elementen, die zu Heizkörpern zusammengesetzt werden; oder Leuchtkörper, z. B. Glühlampen. Die Anlagekosten sind sehr gering, Regulierfähigkeit und überhaupt hygienische Vorteile sehr groß.

b) Zentralheizung.

Die Wärme wird von einer zentralen Entwicklungsstelle aus durch Luft, Wasser, Dampf (oder elektrische Leitung) nach den Wohnräumen hin transportiert.

Luftheizung.

Luft wird an einem Ofen erwärmt und dann den Zimmern zugeleitet. — An einer Luftheizungsanlage unterscheidet man:

1. Den Heizapparat oder Kalorifer. Gewöhnlich besteht derselbe aus einem großen gußeisernen Schüttofen; der Heizkörper ist kofferförmig und dann mit zahlreichen Rippen versehen, oder er besteht in einem geschlängelten, oft ebenfalls mit Rippen versehenen Rohr, das oben beginnt und die Heizgase allmählich nach unten und von dort in den Schornstein führt. Der Heizkörper muß die Wärme leicht und rasch abzugeben imstande sein.

2. Die Heizkammer, eine ummauerte Kammer, welche in einem gewissen Abstande den Heizkörper allseitig umgibt. Nur an der Seite, wo sich die Feuerung befindet, fällt ihre Wand mit der des Heizapparates zusammen. In der Heizkammer münden alle Kanäle für die Heizluft; ferner befinden sich dort Wasserbecken, welche zur Wasserverdunstung dienen und am besten oben auf den heißesten Rippenrohren des Kalorifers angebracht werden (Fig. 67). — Die Heizkammer soll leicht betretbar sein, so daß eine regelmäßige gründliche Reinigung des Kalorifers und der ganzen Heizkammer vorgenommen werden kann. In unzulänglichen und selten gereinigten Heizkammern sammeln sich enorme Staubmassen, deren Verbrennung die Zimmerluft stark verunreinigt (s. oben).

Heizkammer und Heizapparat werden am tiefsten Ort des Hauses, im Souterrain, angelegt. Bei großen Gebäuden sind mehrere Heizkammern und mehrere für sich bestehende Systeme von Luftheizung in demselben Gebäude einzurichten (maximale horizontale Ausdehnung = Aktionsradius etwa 12 m). — Die Bewegung der Luft kann man einfach durch die Temperaturdifferenzen bewirken lassen. Sicherer ist es, vor der Heizkammer einen Ventilator einzuschalten, mittels dessen störende Widerstände sich leichter überwinden lassen und der eine bessere Regulierung gestattet.

3. Die Kaltluftkanäle. Die Entnahmestelle für die Außenluft muß gegen Staub, Ruß und üble Gerüche möglichst geschützt sein. Um von Windstößen und Winddruck unabhängig zu sein, legt man am besten für jeden Kalorifer an zwei entgegengesetzten Seiten des Gebäudes Öffnungen an, von denen nur die dem Wind abgewandte offen gelassen wird. Stets läßt man die Luft zunächst in eine Luftkammer, eine größere Erweiterung des Zufuhrkanals, eintreten, welche plötzliche Windstöße abschwächt, und in welcher sich ein grobes Filter zur Abhaltung von Insekten befindet. Von da führt ein weiter Kanal die Luft unten in die Heizkammer (Fig. 67).

Vielfach werden feinere Filter (Moellersches Filtertuch, in Krankenhäusern auch Watte- oder Koks- oder Sandfilter) angebracht, die zur Zurückhaltung des Staubes dienen sollen. Diese bewirken jedoch eine sehr starke Verengerung des Querschnittes und starken Reibungsverlust, falls die Filter-

öffnungen hinreichend fein sind und wirklich Staub abhalten, und sind nur anwendbar, wenn die Luftförderung durch maschinelle Kräfte unterstützt wird. — Besser sind in den Kaltluftkammern angebrachte Rahmen mit rauhem Stoff, die nicht den ganzen Querschnitt der Kammer füllen, sondern so gestellt sind, daß die Luft bald über, bald unter ihnen freien Raum findet, dabei aber immer an

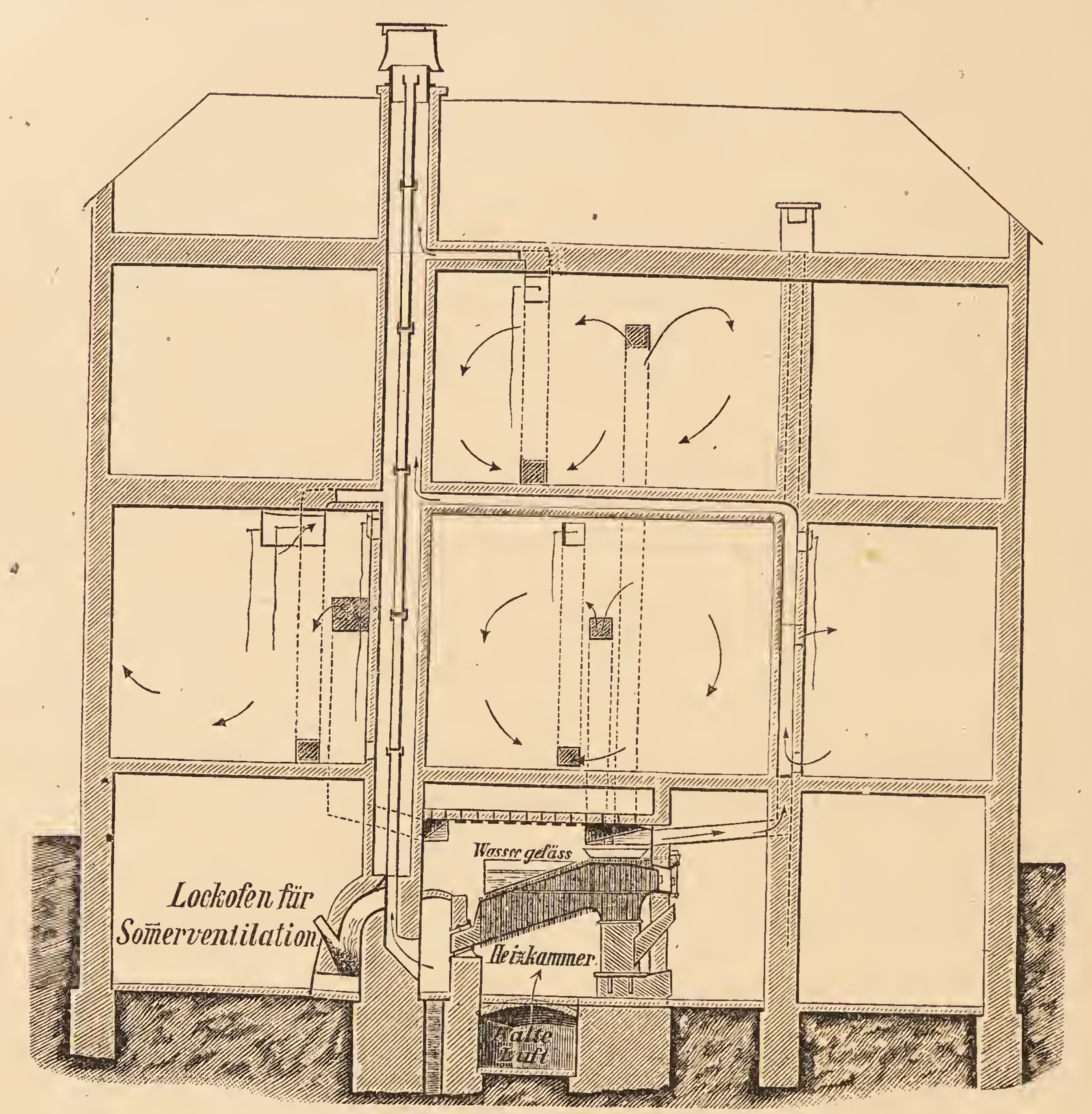


Fig 67 Schema einer Luftheizungsanlage.

den rauhen Flächen vorbeistreicht. Sie müssen leicht herausnehmbar sein und oft gereinigt werden. — Sehr kräftig wirkt ein Wasserschleier auf die Staubbeseitigung, der dadurch hergestellt wird, daß in der Kaltluftkammer Wasserleitungsrohre mit feinen Bohrungen zahlreiche kräftige, verstäubende Wasserstrahlen aussenden. Die Betriebskosten sind aber hoch. — Die Hauptsache für die Fernhaltung von Staub ist immer die richtige Auswahl und Behandlung der Entnahmestelle für die Luft. Hier soll wo möglich eine kleine Rasenfläche mit Buschwerk vorhanden sein, die nach Bedarf befeuchtet wird.

4. Die Heizluftkanäle nehmen ihren Anfang in der Heizkammer und verlaufen von da in den Innenwänden des Hauses nach

den einzelnen Wohnräumen. Sie werden möglichst vertikal geführt; bei langen, horizontalen Leitungen treten zu starke Reibungswiderstände auf und die betreffenden Räume erhalten zu wenig Heizluft. — Die Eintrittsöffnungen dieser Kanäle werden oben in der Heizkammer, die der Kaltluftkanäle unten angelegt; die zuströmende kalte Luft muß dann an dem Heizapparat aufwärts steigen, und da in diesem die Heizgase sich entgegengesetzt, von oben nach unten, bewegen, findet eine außerordentlich vollständige Erwärmung der Luft statt.

Jeder Wohnraum bekommt seinen eigenen Heizluftkanal, aus dem die Luft mit höchstens 40—50 ° Wärme ausströmen soll. Die Öffnung im Zimmer liegt etwa 1—2 m über Kopfhöhe.

Man wählt dieselbe so groß, daß die Geschwindigkeit der austretenden Luft höchstens ½—1 m beträgt, weil bei größerer Geschwindigkeit lästige Zugempfindungen auftreten. Für größere Zimmer wählt man mehrere Austrittsöffnungen; die einzelne soll nicht über 60 cm i. Quadr. messen. Wünschenswert ist es, daß die Austrittskanäle nahe der Öffnung eine solche Wölbung oder aber unmittelbar vor der Öffnung Jalousien bzw. stellbare Schirme erhalten, daß der Luftstrom immer zunächst gegen die Decke des Zimmers dirigiert wird; von da soll sich die Luft allmählich nach abwärts senken und dann in der unteren Region des Zimmers abströmen.

5. Abfuhrkanäle. Bei allen größeren Luftheizungsanlagen gibt man der Luft auch noch besondere Abfuhröffnungen. Diese führen in Kanäle, welche in den Innenwandungen bis über das Dach hinausgehen, oder auf dem durch Firstaufsätze kräftig ventilierten Dachboden münden. Ihre Wirkung wird gesichert, wenn man sie mit einer Wärmequelle in Verbindung setzt, sie z. B. in den Mantelraum eines ständig benutzten Schornsteins (Fig. 67) führt oder sie mit Gasbrennern und dergleichen versieht. Die Abfuhrkanäle beginnen im Zimmer mit zwei Öffnungen; die eine liegt nahe am Fußboden, die andere nahe der Decke. Nur die erstere soll für gewöhnlich benutzt werden. Die obere wird ganz ausnahmsweise dann geöffnet, wenn im Zimmer eine zu große Wärme entstanden ist und nunmehr die einströmende Luft, ohne den bewohnten Teil des Zimmers berührt zu haben, direkt wieder abströmen soll; meist ist sie ganz entbehrlich.

Alle Kanäle werden mit großer Sorgfalt hergestellt und namentlich im Innern derartig verputzt, daß sich kein Staub ablöst. Zum Zweck der Reinigung sollen sie besteigbar sein oder doch wenigstens mit Bürsten leicht und vollständig gereinigt werden können. Von Kanälen aus Stahlblech wird gerühmt, daß sie am wenigstens zur Ablagerung von Staub neigen. Aber um so vollständiger gelangt mitgeführter Staub ins Zimmer, während der an rauheren Kanälen abgelagerte Staub sehr fest haftet und ohne mechanische Beihilfe sich nicht ablöst.

Behufs Regulierung der Heizanlage ist zunächst die Heizluft auf die einzelnen Räume richtig zu verteilen. Ungefähr gelingt dies schon durch eine vor-

läufige Berechnung der für jedes Zimmer erforderlichen Weite der Kanäle und der Größe der Ausströmungsöffnung für die Heizluft. Bei der Probeheizung zeigt sich aber gewöhnlich doch, daß das eine Zimmer zuviel, das andere zuwenig Heizluft bekommt und daher sich nicht auf dem vorgeschriebenen Temperaturgrad hält. Um nachträglich noch eine richtige Verteilung zu erzielen, ist in jedem Heizluftkanal eine Drosselklappe angebracht, und diese wird dann ein für allemal so gestellt, daß der Kanal den für das Zimmer richtigen Querschnitt erhält.

Je nach der Außentemperatur wechselt ferner der tägliche und stündliche Bedarf desselben Raumes an Heizluft, und es ist schwierig, mit der zentralen Feuerung diesen Schwankungen zu folgen. Vielfach behilft man sich damit, daß anfangs reichlich geheizt wird, meist durch die sogenannte Zirkulationsheizung, bei welcher die Abfuhrkanäle geschlossen sind und die Heizluft aus den Zimmern wieder zur Heizkammer zurückströmt (Fig. 68). Ist dann im Zimmer die erwünschte Temperatur erzielt, so wird die weitere Zufuhr von Heizluft durch Schließen von Klappen in den Zufuhrkanälen vollständig sistiert. Damit hört aber jede Zufuhr von Luft überhaupt und jede Ventilation vollkommen auf, und es wird dies bei Luftheizungen um so schwerer empfunden, als allgemein bei derselben das Verbot besteht, Fenster und Türen zu öffnen, damit nicht durch den Einfluß derartiger willkürlicher Öffnungen die geregelte Verteilung der Luft in Unordnung gerate.

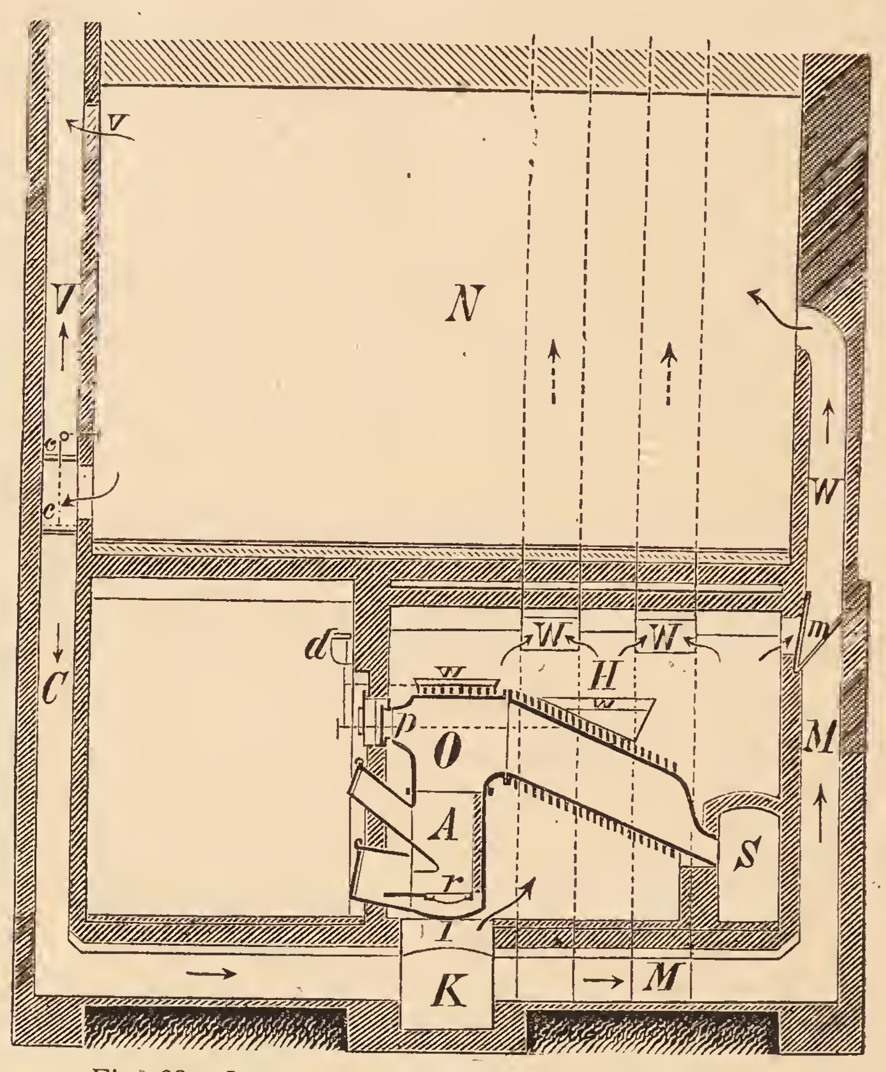


Fig. 68. Luftheizung. Heizkammer und Kanäle. *H* Heizkammer. *O* Ofen *S* Schornstein. *K* Kaltluftkanal. *W* Warmluftkanal. *M* Mischkanal. *V* Abfuhrkanal. *C* Zirkulationskanal; ist die Klappe *c* in die obere Stellung gebracht, so strömt die Luft aus dem Zimmer *N* durch den Kanal *C* wieder nach der Heizkammer.

Um eine Regulierung der Temperatur zu bewirken, ohne das Quantum der zuströmenden Luft zu verringern, müssen Vorrichtungen vorhanden sein, welche eine Mäßigung der Temperatur der Heizluft bewirken. Es geschieht dies dadurch, daß für jeden Heizluftkanal ein Mischkanal hergestellt wird, d. h. nach dem Austritt aus der Heizkammer oder innerhalb der Wand der Heizkammer vereinigt sich der Heizluftkanal (W in Fig. 68) mit einem von außen bzw.

aus dem untersten Teil der Heizkammer heraufgeführten Kaltluftkanal (M) und durch Stellung einer Klappe m kann entweder der eine oder der andere Kanal abgesperrt oder es kann eine beliebige Mischung beider Luftarten erzielt werden.

In den Vereinigten Staaten pflegt man jeden nach oben führenden Heizluftkanal doppelt anzulegen, den einen, der die Heizkammer umgeht, als Kalt-, den anderen, der durch die Heizkammer führt, als Warmluftkanal. Automatische Temperaturregler bewirken durch Drehung einer Doppelklappe, daß nur der eine der beiden Kanäle in Funktion tritt. Dabei sind aber sehr plötzliche Temperaturwechsel unvermeidlich.

Die Temperaturregulierung für sämtliche Räume ist Sache des Heizers. Damit derselbe über die Temperatur der Wohnräume orientiert ist, ohne diese betreten zu müssen, sind entweder Thermometer angebracht, die von außen durch ein Schaurohr abgelesen werden; oder Metallthermometer, deren Stand der Heizer durch elektrische Übertragung erfahren kann (früher in der Form des Moennichschen Fernmeßinduktors; jetzt bes. Koepsels Fernthermometer, hergestellt von G. A. Schultze, Charlottenburg). — Nie soll eine Regulierung an Heizluftkanälen von den Bewohnern des Zimmers vorgenommen werden, da hierdurch der Betrieb der ganzen Anlage gestört wird.

Gegen die Luftheizungsanlagen hat sich viel Opposition erhoben. Es wird (mit Recht) über hohe Betriebskosten, ferner über eine Überhitzung der Räume und über schlechte Regulierfähigkeit der Anlage geklagt. Dies kommt jedoch nur dann vor, wenn entweder die Bewohner des Zimmers sich an der Regulierung der Temperatur beteiligen oder wenn der Heizer überbürdet und nicht ausschließlich für die Kontrolle der Heizung angestellt ist. Nicht selten werden die besten Anlagen dadurch völlig verdorben und funktionsunfähig gemacht, daß man an der Anstellung eines ausschließlichen Heizers zu sparen sucht. Bei freistehenden und dem Winde stark exponierten Gebäuden bestehen allerdings immer Schwierigkeiten; es kommt dann leicht zu einer mangelhaften Erwärmung auf der dem Winde exponierten und zu einer zu hohen Erwärmung auf der dem Winde abgekehrten Seite des Hauses. — Auch wird die Luft als staubig und von eigentümlich brenzligem Geruch bezeichnet. Dies ist in der Tat der Fall, wenn die Entnahmestelle für die Luft ungünstig ist (im Zentrum der Großstadt wegen der Verrußung der Luft unvermeidlich), wenn die Kanäle schlecht verputzt und mangelhaft gereinigt sind, und wenn namentlich die Heizkammer, wie man es bei älteren Anlagen vielfach findet, überhaupt nicht zum Zwecke der Reinigung betreten werden kann, so daß es zu Staubanhäufung und Staubverbrennung auf dem Kalorifer kommt. Ferner wird der Luftheizung oft eine besonders trockene Luft vorgeworfen. Meist wird aber der Feuchtigkeitsgehalt der Luft — abgesehen von Überheizungen und vom Fehlen geeigneter Befeuchtungsvorrichtungen — nicht niedriger als bei anderen Heizungen bei gleicher Ventilation gefunden, sondern die lästigen Empfindungen sind auch hier hauptsächlich auf den Staubgehalt der Luft und die durch Staubverbrennung entstehenden brenzligen Produkte zurück-

zuführen, die bei zweckmäßiger Anlage und gutem Betriebe leicht vermieden werden können.

Andererseits versuchen einige Heizfirmen die Luftheizung als ein den anderen Zentralheizungen überlegenes System hinzustellen, namentlich weil fortgesetzt frische Luft in die Wohnräume eingeführt werde. Auch für Villen und Einfamilienhäuser werden einfache derartige Anlagen empfohlen, bei denen ein größerer Füllofen die Erwärmung der Luft besorgt und diese in Blechkanälen den Zimmern zugeleitet wird. — Bei diesen Luftheizungen fehlen aber die Mischkanäle; die Luftzufuhr erfolgt daher nur periodisch; die Regulierung ist unvollkommen; die einzelnen Räume beeinflussen sich gegenseitig in erheblichem Grade. Eine be-

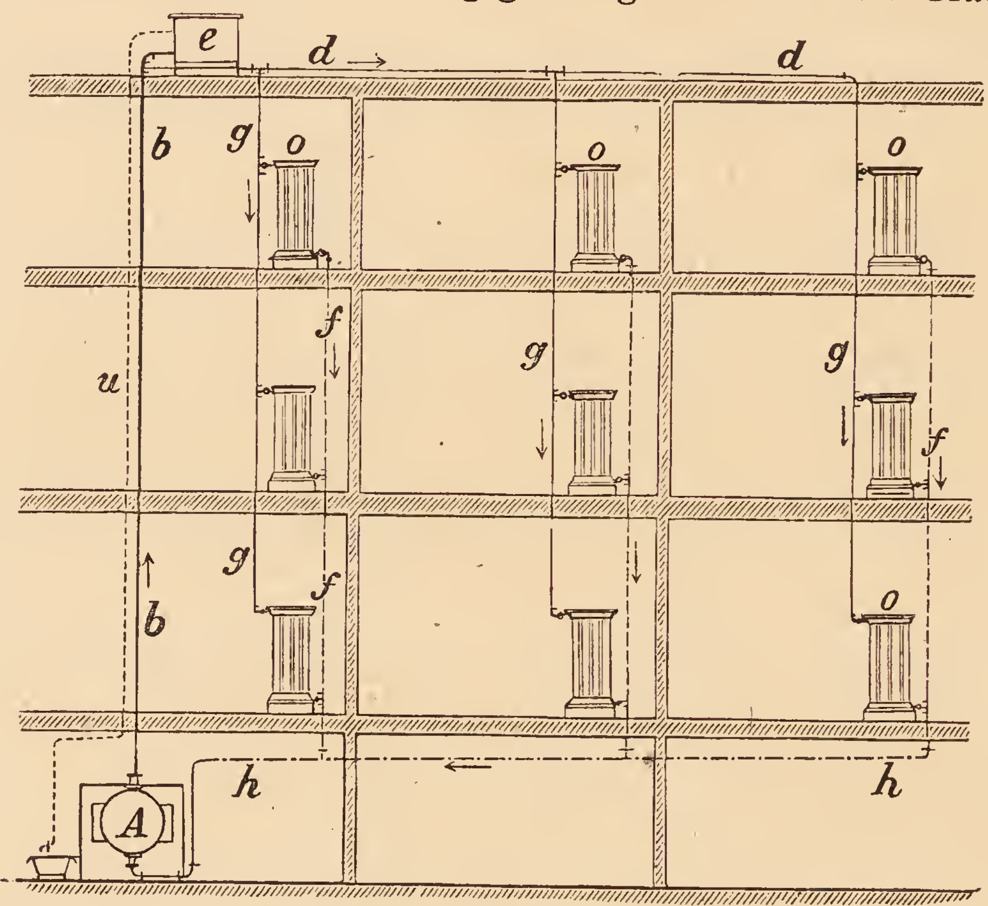


Fig 69. Warmwasserheizung.
A Kessel. *b* Steigrohr. *e* Expansionsgefäß. *d* Verteilungsrohr. *g* Zuleitungsrohre an den Öfen. *o* Öfen. *f* und *h* Rücklaufrohre.

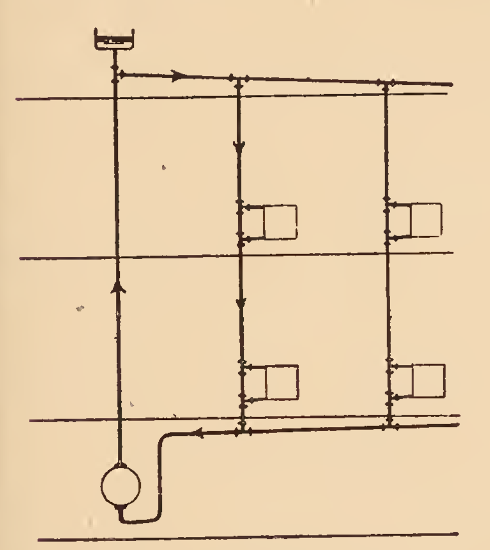
sonders reichliche Zufuhr frischer Luft ist außerdem für solche von wenig Menschen bewohnte Häuser überhaupt nicht erforderlich; wird sie aber gewünscht, so lassen sich für jeden Heizkörper einer anderen Zentralheizung und für jeden Ofen leicht Einrichtungen vorsehen, welche die Luftzufuhr ebenso reichlich wie eine Luftheizung und mit besserer Regulierung je nach dem Bedarf des einzelnen Raumes gestatten (vgl. unter „Lüftung“).

Wasserheizung.

Wasser ist sehr geeignet zur Wärmeübertragung wegen seiner großen Wärmekapazität. Die Anordnung einer Wasserheizanlage ist so, daß im Souterrain der Feuerraum und über diesem ein Kessel sich befindet (die Heizung kann auch mit dem Küchenherd verbunden werden [Liebau]). Vom Kessel geht ein Röhrensystem aus, das wieder in denselben zurückführt und inzwischen die verschiedenen zu beheizenden Räume durch-

läuft (s. Fig. 69). Das im Kessel erwärmte Wasser wird als spezifisch leichter zunächst nach oben bis zum höchsten Punkte des Systems, dem Expansionsgefäß, gedrückt; von da fließt es allmählich unter steter Abkühlung wieder zum Kessel zurück. Entweder sind besondere Rückleitungsrohre vorgesehen = Zweirohrsystem. Fig. 69; oder der Rücklauf erfolgt im Zuleitungsstrang = Einrohrsystem, Fig. 70.

Da das Röhrensystem oben offen ist, erreicht die Temperatur des Wassers im äußersten Falle 100°, meist nicht über 90°; für gewöhnlich ist die Temperatur erheblich niedriger. Infolge dieser niedrigen Temperatur muß die Masse des Wassers, welches den Wohnräumen zugeführt wird, relativ groß sein und die aus Schmiedeeisen, seltener aus Kupfer hergestellten Röhren weit (50—60 mm). Die Anlage ist daher relativ teuer und man findet sie mehr in Privathäusern, als in öffentlichen Gebäuden („Niederdruckwasserheizung“ oder „Warmwasserheizung“). Ist das Röhrensystem oben durch ein belastetes Ventil geschlossen, so erzielt man je nach der Belastung eine Temperatur von 120—200° und bedarf dann geringerer Wasserquantitäten und engerer Röhren. Eine solche Heizanlage bezeichnet man als „Hochdruckwasserheizung“ oder „Heißwasserheizung“; sie wird selten mehr ausgeführt, höchstens in Verbindung mit einer Luftheizung an Stelle des Kalorifers.


Fig. 70. Einrohrsystem.

Bei der Warmwasserheizung sind die Heizkörper entweder sogenannte Säulenöfen (Fig. 69); ein Mantel aus doppeltem Eisenblech, zwischen dessen Wandungen das Wasser zirkuliert, umschließt einen Luftraum, der mit der Zimmerluft kommuniziert, so daß dieselbe unten ein- und oben abströmt Außerdem wird der Luftstrom mit einem verstellbaren Zufuhrkanal von außen in Verbindung gebracht, so daß (wie bei den Mantelöfen) beliebig auf Zirkulation oder Ventilation eingestellt werden kann. — Meist werden als Heizkörper Radiatoren (Fig. 71) oder Doppelrohrregister (Fig. 72) oder Rohrschlangen benutzt; weniger zu empfehlen sind wegen ihrer schwierigen Reinhaltung Rippenheizkörper. Ihre Aufstellung erfolgt am besten an der Fensterwand unter den Fenstern, weil dann die von den Fenstern absinkende kalte Luft von dem durch den Heizkörper erzeugten warmen Luftstrom abgefangen und nach oben geführt wird, statt am Fußboden entlang zu streichen.

Die Regulierung der Heizung erfolgt zentral vom Kessel aus oder durch Ventile, die für ganze Gruppen von Heizkörpern den Rücklauf regulieren; oder lokal am einzelnen Heizkörper. An diesen sind zunächst

bei der Probeheizung Hähne einreguliert, die den Wasserdurchgang durch Senkung des sogenannten Kükens drosseln. Weiterhin kann jeder Heizkörper abgesperrt und von weiterer Zufuhr warmen Wasser ausgeschlossen werden. Allerdings geht die Abkühlung des gefüllten Heizkörpers sehr langsam vor sich; erst nach drei Stunden und mehr erreichen sie Zimmertemperatur. — Sehr empfehlenswert sind daher

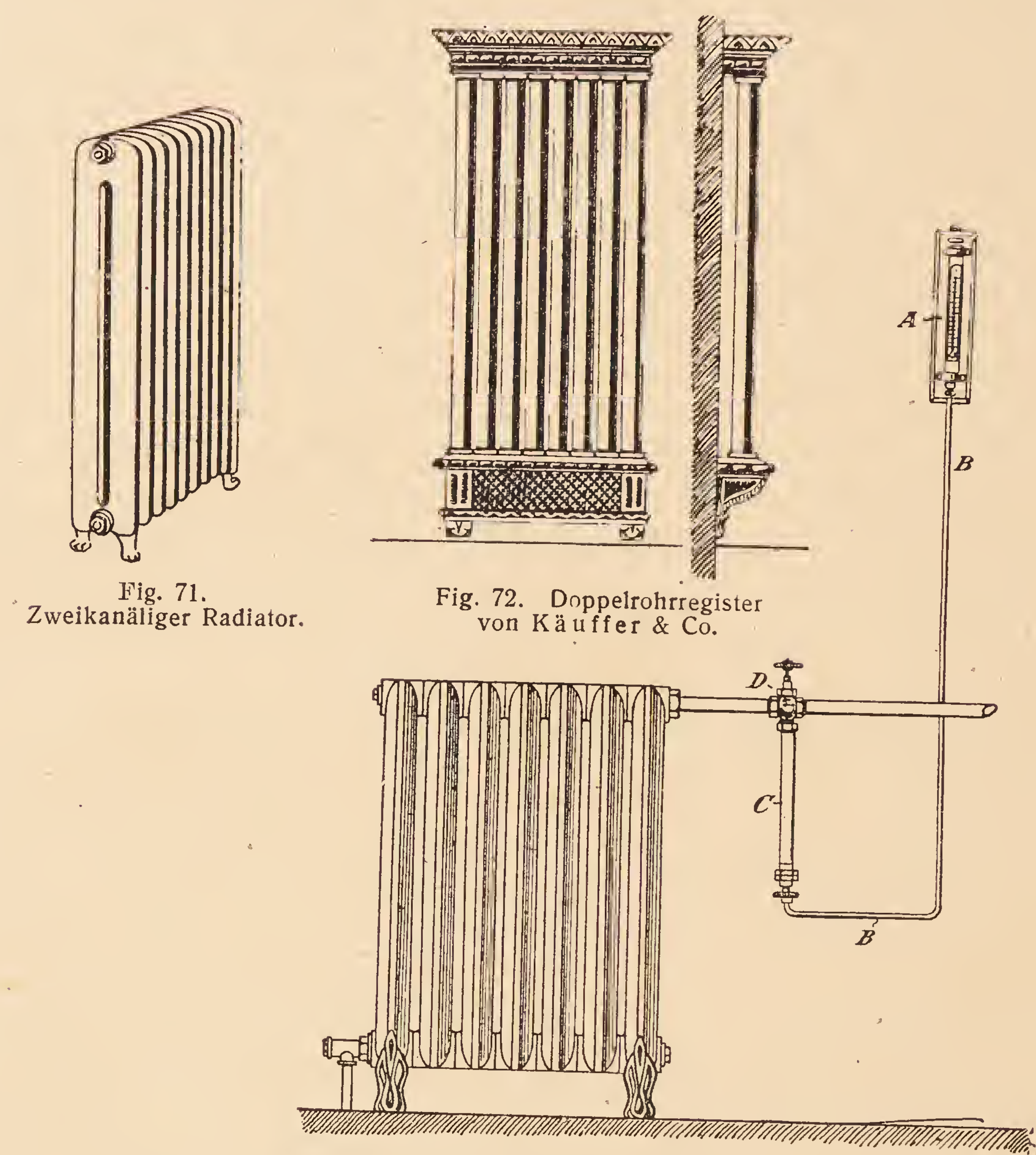


Fig. 71. Zweikanäliger Radiator.

Fig. 72. Doppelrohrregister von Käuffer & Co.

Fig. 73. Heizkörper mit Temperator.
A Wärmeaufnahmekörper. *B* Kupferrohrleitung. *C* Ventilrohr. *D* Ventil.

selbsttätige Temperaturregler, bei denen ein mit Flüssigkeit gefüllter Aufnahmekörper durch eine dünne Kupferrohrleitung mit einem Regulierventil des Heizkörpers verbunden ist (Fig. 73). Rippenheizkörper mit kleinerer Wasserfüllung sind leichter zu regulieren, müssen aber für den Fall größerer Kälte um so reichlicher vorhanden sein; eventuell sind Gasöfen als Reserve vorzusehen.

Um an Rohrdurchmessern zu sparen, um eine Beeinflussung der Heizkörper untereinander möglichst auszuschließen und um auf größere

Entfernungen die Heizung verteilen zu können, sind neuerdings Warmwasserheizungen mit besonderem Antrieb des Wasserumlaufs eingeführt (Schnellstromheizung mit Niederdruckdampfkessel, Pumpenheizung mit Kreisel- oder Zentrifugalpumpen).

Dampfheizung

gestattet Anlagen von unbeschränkter Ausdehnung, die sich für größere Etablissements, eventuell für ganze Stadtviertel eignen. Besonders zweckmäßig ist Dampfheizung für Gebäude, welche bereits zum Betriebe der Küche, der Wäsche, der Bäder usw. eines größeren Dampfkessels bedürfen.

Der (konzessionspflichtige) Kessel befindet sich gewöhnlich ziemlich entfernt vom Hause und wird durch das Kondenswasser gespeist. Vom Kessel aus wird der Dampf in einer Rohrleitung aus Schmiedeeisen oder Kupfer den Wohnräumen zugeführt. Da man dem Dampf nicht gern mehr wie 1½ Atmosphären Spannung gibt, so daß er eine Temperatur von 110—120° hat, und da der Dampf eine sehr geringe Wärmekapazität besitzt, müßten eigentlich sehr große Dampfmengen zur Beheizung der Räume notwendig sein. Man rechnet indes gar nicht wesentlich auf die von dem strömenden Dampfe transportierte Wärme, sondern vielmehr auf diejenige Wärme, welche bei der Kondensation des Wasserdampfs frei wird. Bei der Bildung von 1 Liter Kondenswasser werden 540 Wärmeeinheiten frei und für die Erwärmung der Wohnräume verfügbar, wenn man die Kondensation in den in den Zimmern aufgestellten Heizapparaten vor sich gehen läßt.

In die Rohrleitungen werden Kompensatoren eingefügt, welche der Wärmeausdehnung Rechnung tragen. Das Hauptrohr führt den Dampf zunächst zu dem höchsten Punkt der Anlage und von da durch die Heizkörper abwärts. Läßt man das Kondenswasser in den Dampfröhren zurückfließen, so entstehen fortgesetzt störende Geräusche; man wählt daher gewöhnlich besondere (erheblich engere) Rohre zur Ableitung des Kondenswassers. Damit durch letztere kein Dampf entweicht, findet der Übertritt des Wassers in dieselben vermittels selbsttätiger Ventile statt. — Die Heizkörper sind ähnlich wie die der Warmwasserheizung.

Bei der Kondensation entsteht ein Vakuum, und die Heizapparate würden durch den äußeren Luftdruck komprimiert werden können, wenn man nicht dafür sorgt, daß Luft in die Röhren eintreten kann. Die eingedrungene Luft muß dann aber, um dem einströmenden Wasserdampf kein Hindernis zu bereiten, beim Zulassen neuen Dampfes wieder entfernt werden. Dieses Ein- und Abströmen der Luft in das Röhrensystem geschieht entweder durch besondere Hähne oder durch selbsttätige Ventile, ist aber oft mit Geräuschen verbunden.

Meist legt man der Geräusche wegen die Heizkörper überhaupt nicht in die Wohnräume selbst, sondern verbindet die Dampfheizungen mit einer Luftheizung derart, daß man die Luft an einem zentralen Dampfheizkörper oder an mehreren, z. B. auf dem Korridor aufgestellten Heizkörpern sich erwärmen und dann in das Zimmer einströmen läßt.

In Privatwohnungen kommen fast ausschließlich in Betracht die Niederdruckdampfheizungen, die auch in kleineren Gebäuden sich mit Vorteil ausführen lassen.

Der Kessel dieser Heizung hat ein offenes Standrohr, so daß höchstens ½, gewöhnlich nur ¹/₁₀ Atmosphäre Überdruck vorhanden ist, und ist daher nicht

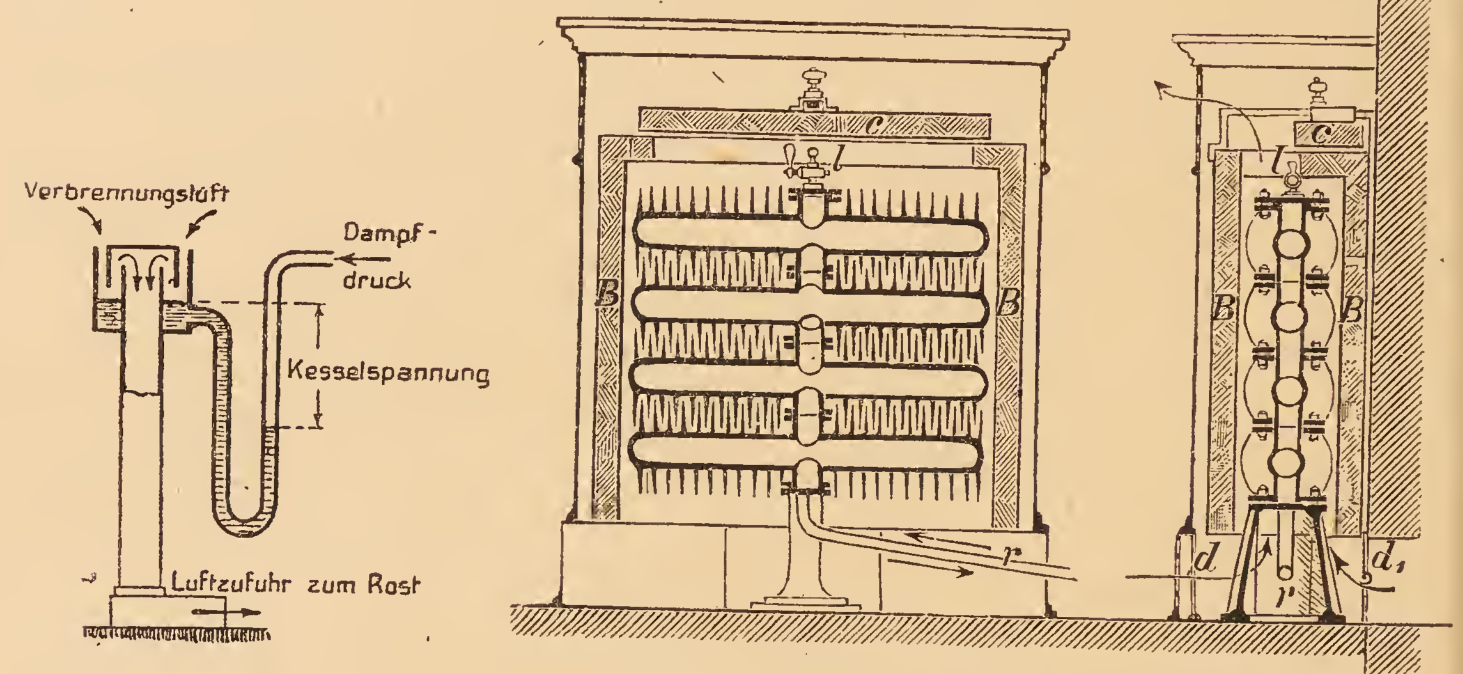


Fig. 74.
Selbsttätiger Verbrennungsregler von Käuffer & Co.

Fig. 75. Heizkörper der Niederdruckdampfheizung
r Zu- und Ableitungsrohr *B* Isoliermantel *c* verstellbare Klappe. *d* Öffnung für Zirkulation d_1 für Ventilation.

konzessionspflichtig. Im Kessel befindet sich ein zentraler Heizkasten, der von oben beschickt wird. Der Luftzutritt zur Feuerung und damit die Intensität der Feuerung und Dampfentwicklung kann automatisch durch die Dampfspannung im Kessel reguliert werden (als Beispiel diene die Konstruktion Fig. 74); oder eine in Hg schwimmende Glocke hebt je nach ihrer Belastung durch Plattengewichte ein Ringventil, das den Luftzutritt zur Feuerung regelt. Die Heizapparate sind wie bei der Warmwasserheizung Radiatoren oder Rippenregister; am besten werden sie wie bei der Warmwasserheizung unter den Fenstern angebracht. Sie können mit einem „Vorsetzer“, einem Mantel aus Eisenblech, oder auch aus schlecht leitendem Material (Kacheln) umgeben werden, so daß keine Erwärmung der Zimmer durch Strahlung stattfindet (Fig. 75). Die Beheizung geschieht dann durch erwärmte Luft, die unten an dem Heizapparate ein- und oben austritt. Die Eintrittsöffnung ist beliebig verstellbar; vom Heizapparat geht außerdem ein Kanal nach außen, durch welchen frische Luft ins Zimmer eingeführt werden kann. Unbedingt müssen die Vorsetzer leicht abnehmbar eingerichtet sein, so daß die Reinigung nicht beeinträchtigt wird; auch sind glatte Radiatoren den in Fig. 75 dargestellten Rippenheizkörpern vorzuziehen, zumal die Temperatur der Heizkörper bei dieser Heizung hoch genug (90—95°) steigt, um Verbrennung von

Staubteilen zu bewirken. — Der Dampfdruck soll beim Eintritt in die Heizkörper nahezu aufgebraucht sein und der Dampf sich an dessen Heizfläche vollständig kondensieren; meist erfolgt die Kondensation sogar nur im oberen Teil, so daß die untere Hälfte, in die Luft aus der offenen Kondensleitung eintritt, kalt bleibt. Tritt bei zu starker Dampfzufuhr Dampf in die Kondensleitung ein, so entstehen störende Geräusche; z. B. wenn mehrere Heizkörper plötzlich geschlossen werden, so daß der Zugregler nicht rasch genug ausgleichen kann. Durch Syphons (Körting, Käuffer), in welche die Luft der Kondensleitung strömt, oder durch Kondenstöpfe für den Dampf läßt sich der Dampfübertritt in die Kondensleitung hindern. — Die Regulierung der Zimmerwärme erfolgt durch die Regulierventile der Heizkörper, die von den Bewohnern nach Bedarf zu stellen sind; sie gelingt besser wie bei der Warmwasserheizung, weil die Anwärmung und Auskühlung des Heizkörpers viel rascher vor sich geht; die Erwärmung des Raumes ist aber auch weniger nachhaltig. — Vollständige und nicht zu starke Durchwärmung der ganzen Heizkörper erfolgt bei dem Körtingschen Luftumwälzungsverfahren, wo der Dampf im Heizkörper unten aus Düsen austritt, Luft mitreißt, in einem mittleren Kanal nach oben und in zwei seitlichen nach unten strömt.

Für Beheizung auf größere Entfernung empfiehlt sich besonders die Unterdruck- (Vakuum-) Heizung, bei der die Dampfspannung unterhalb des atmosphärischen Druckes liegt und die an den Heizflächen sehr milde Temperaturen (bei 50 % Vakuum 80°) liefert. Die Regulierung kann hier auch durch Änderung des Vakuums geschehen. — Bei größeren maschinellen Betrieben läßt sich auch der Abdampf einer Dampfmaschine zweckmäßig zu Heizzwecken verwenden.

Die hygienisch-wichtigsten Vorteile und Nachteile der hauptsächlichsten Zentralheizungen lassen sich tabellarisch zusammenfassen (s. folg. Seite).

Wie oben betont wurde, ist eine Regulierung der Wärme bei allen Zentralheizungen, insbesondere unter Zuhilfenahme automatischer Temperaturregler, in ausreichendem Maße durchführbar. Leider wird hiervon aber zu wenig Gebrauch gemacht. Fast in allen mit Zentralheizung beheizten Räumen ist eine Überheizung an der Tagesordnung, die bei unzähligen Menschen Erkältungskrankheiten und andere Gesundheitsstörungen hervorruft. In Schulen, Krankenhäusern, Versammlungsräumen, Restaurants läßt sich diese Überheizung konstatieren; ganz besonders gefährlich ist sie in den Eisenbahnzügen und in Kaufläden, wo das Publikum in warmer Straßenkleidung sich aufhalten muß. Leider fehlt es meist an Thermometern, um die Überheizung ziffermäßig festzustellen; noch besser sind dazu selbstregistrierende Thermographen geeignet. Klagen über die übermäßige Wärme werden meist mit Hinweis auf die Zentralheizung beantwortet, die nun einmal soviel Wärme liefere. Diese Annahme ist grundfalsch. Die Überheizung hat ihre Ursache fast immer darin, daß der Heizer, in dem mißverständlichen Glauben, daß „schlecht“ heizen identisch sei mit zu wenig heizen

und daß er nur wegen zu geringer Wärme sich Vorwürfen aussetze, die Heizungen zu stark anspannt und die Reguliervorrichtungen nicht genügend benutzt. Dieser für so viele Menschen verhängnisvollen und in der jetzigen Zeit der Kohlennot besonders verwerflichen Unsitte sollte entschiedener als bisher entgegengetreten werden.

Heizart	Vorteile	Nachteile	Anwendung
Luftheizung	Starke Lüftung; dauernd nur, wenn Mischkanäle vorhanden. Schnelle Erwärmung; mit Mischkanälen gut regulierbar. Lange haltbar.	Aktionsradius nur 12 m. In fertigen Gebäuden nicht mehr einzubauen. Bei starkem Wind ungenügende Erwärmung Staub u. brenzlige Produkte bei schlechter Anlage. Teuer, falls ausgiebig gelüftet wird.	Räume mit starkem Lüftungsbedarf (Wohnhäuser selten). Für ausgedehnte oder dem Wind stark ausgesetzte Gebäude ungeeignet.
Warmwasserheizung.	Milde; keine Staubversengung; einfache Bedienung	Aktionsradius nur bis 60m Langsame Auskühlung der Heizkörper, leicht Überheizung namentlich bei großen Heizkörpern. In bestehenden Gebäuden schwer einzurichten.	Wohnhäuser aller Art. Für Schulen, Krankenhäuser besondere Lüftungseinrichtungen erforderlich.
Niederdruck-Dampfheizung	Unbeschränkter Aktionsradius. Gut regulierbar. Einfache Bedienung.	Heizkörper bis 95° warm, daher Staubversengung möglich. Bei Fehlern der Ausführung und des Betriebes Geräusche	Wie Warmwasserheizung.

Literatur: Rietschel, Leitfäden zum Berechnen und Entwerfen von Lüftungs- und Heizungsanlagen, 3. Auflage, Berlin 1902. — Fanderlik, Elemente der Lüftung und Heizung, 1887. — Schmidt, Heizung und Ventilation, in Weyls Handbuch der Hygiene, 1896. — v. Esmarch, Hygienisches Taschenbuch, 4. Aufl., 1908. — Dietz, Ventilations- und Heizungsanlagen, München und Berlin, 1909. — Berlowitz und Hottinger im Handb. d. Hygiene, 2. Aufl., 1914.

V. Lüftung der Wohnräume.

Wie S. 79 genauer ausgeführt wurde, verändern die in einem geschlossenen Raume lebenden Menschen die Beschaffenheit der Luft in hohem Grade, indem sie erstens Wärme und Wasserdampf in

solcher Menge produzieren, daß schließlich eine ausreichende Entwärmung des Körpers auf Schwierigkeiten stößt. Häufig sind an dieser Produktion die Beleuchtungskörper der Wohnräume stark beteiligt. Zweitens konsumieren Menschen und Beleuchtungsmaterialien allmählich den Sauerstoff, jedoch ohne daß es zu einer bedenklichen Verminderung des Sauerstoffgehalts der Luft kommt. Drittens sammeln sich gasförmige Verunreinigungen an, Kohlensäure, namentlich aber riechende Gase, die durch Zersetzung der auf Haut und Schleimhäuten sich sammelnden Epithel- und Sekretreste oder auch durch unvollkommene Verbrennung der Beleuchtungsmaterialien usw. entstehen. (Bezüglich der hygienischen Bedeutung dieser Luftverunreinigungen s. S. 80 ff.) — Viertens kommt es in bewohnten Räumen oft zu einem starken Staubgehalt der Luft. Eingeschleppte Erde, Staub aus der Füllung des Zwischenbodens, Fasern von der Kleidung und den Möbelstoffen, die feinsten Teilchen der Brennmaterialien und die mit der Außenluft in den Wohnraum gelangenden Staub- und Rußpartikel bilden das Material des Wohnungsstaubes, der bei den verschiedensten Hantierungen und Bewegungen der Bewohner in die Luft aufgewirbelt wird. In besonders großen Mengen wird bei manchen Gewerben Staub geliefert (s. unten). — Fünftens gesellen sich zum Luftstaub infektiöse Organismen, wenn Infektionsquellen in den Wohnraum gebracht wurden, teils nur in Form von ausgehusteten Tröpfchen (Influenza, Diphtherie, Pestpneumonie) oder sowohl in Tröpfchenform wie auch in Gestalt trockener Stäubchen (Phthise, Masern, Pocken usw.). In Krankensälen, in Zimmern, wo derartige Kranke sich aufhalten, ist die Luft häufig dauernd mit Infektionserregern beladen und kann zu Infektionen Anlaß geben (s. S. 90).

Die Ventilation verfolgt nun das Ziel, alle diese durch die Bewohner bewirkten Veränderungen der Wohnungsluft durch Luftwechsel mechanisch zu beseitigen und die Räume für längere Zeit ohne jeden Nachteil für die Gesundheit bewohnbar zu erhalten. Sie hat daher die Aufgabe: 1. die produzierte Wärme und den Wasserdampf abzuführen und die Wärmeabgabe der Bewohner zu erleichtern; 2. übelriechende gasige Verunreinigungen der Wohnungsluft zu entfernen; 3. Staub und 4. etwaige am Staub haftende Infektionskeime zu beseitigen. — Diese Aufgaben sucht die Ventilation zu erreichen teils durch Fortschaffung der unbrauchbar gewordenen Wohnungsluft, teils durch Zuführung frischer, reiner Außenluft; die Größe des Luftwechsels soll dabei dem Grade der Veränderung der Wohnungsluft einigermaßen quantitativ angepaßt werden. — Unter Umständen kann versucht werden, nur die chemischen Luftverunreinigungen mittels chemischer Mittel zu zerstören, z. B. durch Ozonisierung (s. unten).

A. Der quantitative Ventilationsbedarf.

Bei Abmessung des Ventilationsbedarfs berücksichtigt man in erster Linie die gasigen Verunreinigungen der Luft und als deren Indikator die CO_2, da diese am leichtesten einer Messung zugänglich ist.

Wie oben ausgeführt wurde, pflegt man bei einem Gehalt der Luft von 1,0 Promille Kohlensäure bereits eine gewisse Belästigung zu empfinden, vorausgesetzt, daß die CO_2 der menschlichen Atmung und der Beleuchtung entstammt, und daß übelriechende, die Kohlensäure begleitende gasige Produkte gleichzeitig in entsprechender Menge in die Luft übergegangen sind. In diesem Falle ist daher der Gehalt der Wohnungsluft an CO_2 durch die Lüftung höchstens auf 1,0 Promille CO_2, womöglich darunter, zu halten.

Wieviel Luft nötig ist, um dies Ziel im Einzelfall zu erreichen, das läßt sich berechnen, indem man diejenige Menge Kohlensäure berücksichtigt, welche von Menschen und Beleuchtungsmaterialien in der Zeiteinheit (1 Stunde, 1 Tag usw.) produziert wird.

Ein Mensch liefert im Mittel stündlich 22,6 Liter CO_2; ein Schulkind etwa 10 Liter, eine Stearinkerze 12 Liter, eine Petroleumlampe 60 Liter, eine Gasflamme 100 Liter. Befindet sich also z. B. ein Mensch in einem Wohnraum, und werden von demselben stündlich 22,6 Liter Kohlensäure produziert, so soll sich diese Menge Kohlensäure auf ein derartiges Luftquantum = x Liter verteilen, daß der Gehalt an CO_2 nur 1 : 1000 beträgt. Da die zugeführte Luft bereits einen gewissen CO_2-Gehalt mitbringt, nämlich 0,3 Promille (also 0,0003 Liter in jedem Liter Luft, so lautet die Gleichung:

$$\frac{22{,}6 + x \cdot 0{,}0003}{x} = \frac{1}{1000}$$

und wir finden in dieser Weise x = 32 000 Liter oder 32 cbm. Diese Luftmenge von 32 cbm muß also stündlich je einem Menschen zugeführt werden, falls der Kohlensäuregehalt in dem von ihm allein bewohnten Raum niemals über 1 Promille steigen soll.

Es ergibt sich hieraus weiter die erforderliche Größe des Wohnraumes, der sogenannte Luftkubus, für einen Menschen. Man hat die Erfahrung gemacht, daß sich die Luft eines Wohnraumes mit Hilfe der üblichen Ventilationsanlagen auf die Dauer nicht mehr wie zweimal pro Stunde erneuern läßt. Daraus folgt, daß der minimale Luftraum für einen Menschen auf 16 cbm, die Hälfte des Ventilationsquantums, normiert werden muß. In den meisten Fällen leistet die Ventilation sogar noch weit weniger als eine zweimalige Erneuerung der Zimmerluft, und dementsprechend ist der Luftkubus größer zu bemessen.

Indessen hat sich mehr und mehr die Überzeugung Bahn gebrochen, daß die Ermittelung des Ventilationsbedarfs auf Grund der CO_2-Werte nur für einen kleinen Teil der Aufgaben der Ventilation Geltung hat.

Höchstens die Produktion belästigender Gase pflegt häufiger dem CO_2-Gehalt parallel zu gehen; dagegen ist ein Parallelismus mit der im Raum produzierten Wärme selten, und ein Parallelismus mit dem Gehalt der Luft an Staub und Infektionskeimen fast niemals vorhanden (vgl. S. 81).

Da durch die Erschwerung der Wärmeabgabe im Wohnraum sogar ernstere hygienische Nachteile entstehen als durch belästigende Gase, hat Rietschel mit Recht versucht, in den Fällen, wo ein Parallelismus zwischen CO_2-Gehalt und Temperatur nicht zu erwarten ist, die Wärme des Wohnraumes selbst als Maßstab für den Ventilationsbedarf zu benutzen.

Im Beharrungszustand und bei gleichmäßiger Verteilung der Wärme im Raum ist der stündliche Luftwechsel in Kubikmeter, ausgedrückt in der zulässigen Temperatur t, zu berechnen nach der Formel:

$$L = \frac{W\ (1 + a\,t)}{0{,}309\ (t - t_1)}$$

wo t_1 die Temperatur der eingeführten kühleren Luft, W die Wärmezufuhr, a den Ausdehnungskoeffizienten der Luft bedeutet.

Bei dieser Berechnung ist freilich die Wasserdampfansammlung nicht berücksichtigt, welche neben CO_2 und Wärme von Menschen und Beleuchtungsflammen geliefert wird, und welche die Wärmeabgabe stark beeinflußt, außerdem auch spezifisches Unbehagen erzeugt. — Für die wichtigsten Aufgaben der Ventilation ist demnach eine quantitative Bedarfsberechnung bisher nur unvollkommen möglich.

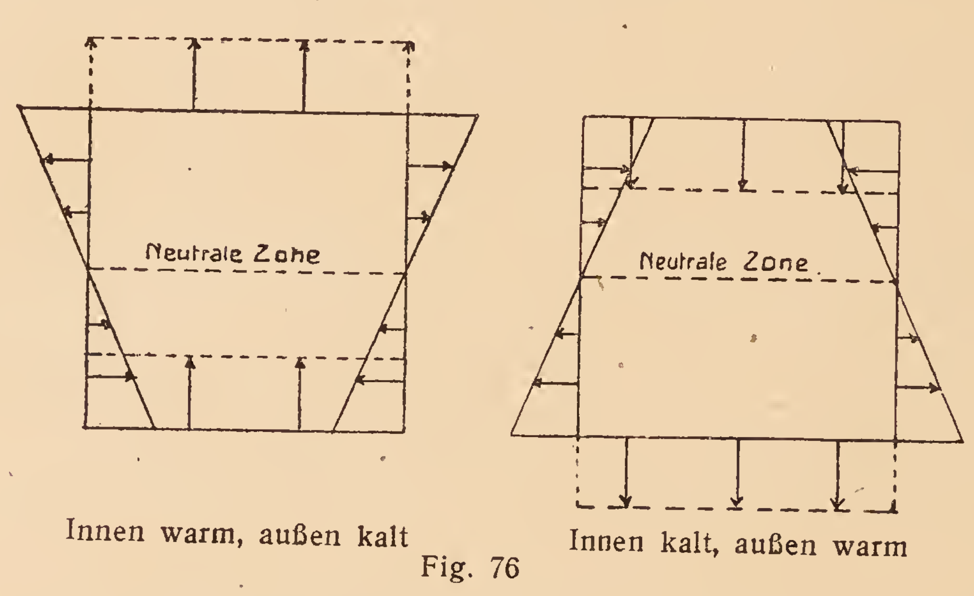
B. Die Deckung des Ventilationsbedarfs.

1. Natürliche und künstliche Ventilation.

Die erforderlichen Luftmengen kann man zunächst durch die sogenannte natürliche, ohne unser Zutun sich vollziehende Ventilation zu beschaffen suchen. Man verläßt sich alsdann auf die stets vorhandenen natürlichen Öffnungen des Wohnzimmers, die in den Poren des Mauerwerks, des Fußbodens und der Decke, ferner in den Ritzen und Fugen der Fenster und Türen gegeben sind.

Es ist aber experimentell nachgewiesen, daß die natürliche Lüftung sich, soweit die Poren in Betracht kommen, wesentlich in vertikaler Richtung vollzieht, und zwar im Winter von unten nach oben; in entgegengesetzter Richtung dann, wenn das Haus kälter ist als die Außenluft. Nach Messungen mit dem Differentialmanometer (s. unten) ist an den seitlichen Wandungen der Überdruck, welcher einen Luftaustausch veranlaßt, wesentlich geringer; er nimmt vom Fußboden und von der Decke her allmählich ab gegen eine „neutrale Zone“, wo er = Null

wird. Oberhalb dieser Zone findet im Winter Ausströmung, unterhalb derselben Einströmung statt. (In Fig. 76 zeigt die Höhe der Pfeile die Druckkraft an; am Boden und Decke ist demgemäß die Einströmung maximal.) Diese Art von Luftaustausch führt also höchstens zu einem Luftaustausch der verschiedenen Stockwerke, der in keinem Falle zu befürworten ist. Außerdem wissen wir bei dieser Ventilation nichts Genaueres über die Herkunft der einströmenden Luft. Ferner haben wir keine Regulierung in der Hand; bei Windstille und bei schwachen Winden ist eine solche überhaupt nicht vorhanden, während sie sich bei Sturm unter Umständen in unangenehmster Weise fühlbar macht. Die Verhältnisse der Ein- und Ausströmung durch zufällige gröbere Ritzen und Fugen in den Seitenmauern sind die gleichen wie bei der Porenventilation; im Winter strömt im unteren Teil die kalte Luft ein, im oberen die warme aus.



Innen warm, außen kalt — Innen kalt, außen warm

Fig. 76

Es ist somit die natürliche Ventilation von dem Ideal einer Lüftungsanlage sehr weit entfernt, und wir müssen sie so viel als möglich, insbesondere durch Dichtung der zufälligen Ritzen und Fugen, ausschalten und statt dessen versuchen, besondere, künstliche Lüftungsanlagen einzurichten; bei diesen muß

1. die Entnahmestelle bekannt sein und wir müssen Garantie für Reinheit der zugeführten Luft haben; ebenso darf die fortgeschaffte unreine Luft nicht mit Menschen in Berührung kommen;

2. müssen wir die Lage der Zufuhr- und der Abfuhröffnungen so wählen können, daß eine möglichst vollständige Durchlüftung des bewohnten Teils des Zimmers erfolgt, daß aber unter keinen Umständen eine Belästigung der Bewohner durch Zugluft eintritt;

3. muß die Ventilation quantitativ ausreichen und abstufbar sein, d. h. über hinreichend kräftige Motoren verfügen, die leicht regulierbar sind.

2. Systeme der künstlichen Lüftung.

Je nach der Stellung des Motors zu dem zu lüftenden Raum unterscheidet man zwei Ventilationssysteme, die in bezug auf die Reinheit der Luftzufuhr Ungleiches leisten; nämlich Aspirations- oder Sauglüftung und Pulsions- oder Drucklüftung. Bei ersterem besorgt der Motor die Abströmung der Luft, befindet sich jenseits des von dem Luftstrom zu ventilierenden Raumes; die neutrale Zone wird nach oben gerückt. Bei der Pulsion besorgt der Motor die Zuströmung und befindet sich — in der Richtung des Luftstroms — vor dem zu ventilierenden Raum bzw. dem von Menschen bewohnten Teil dieses Raumes; die neutrale Zone wird nach unten verschoben.

Die Pulsion ist insofern vorzuziehen, als man bei dieser gerade die Entnahmestelle der Luft besonders ins Auge faßt und also auf ein Eindringen frischer, reiner Luft in erster Linie achtet; auch werden durch das Herabrücken der neutralen Zone Zugerscheinungen z. B. von undichten Fenstern her vermieden. Um die abströmende Luft kümmert man sich dabei oft nicht. — Bei der Aspiration weist man der abströmenden Luft zwar besondere Wege an, achtet aber häufig zu wenig darauf, woher und auf welchen Wegen die Luft dem Wohnraum zuströmt; daher kann es zu schlechter Luftqualität und zu unangenehmen Zugerscheinungen kommen. Der Pulsion ungefähr gleichwertig wird aber die Aspiration dadurch, daß man außer den Abfuhrkanälen noch besondere, weite und wenig Widerstände bietende Zufuhrkanäle von einer bestimmten tadellosen Stelle aus anlegt, welche eine Luftzufuhr durch alle engeren, zufällig vorhandenen Öffnungen ohne weiteres ausschließt.

Pulsion ist in Wohnräumen am häufigsten indiziert, aber offenbar in den Fällen völlig unangebracht, wo es sich daraum handelt, inmitten größerer Gebäude einzelne Räume zu ventilieren, in denen üble Gerüche, Staub, Infektionserreger in die Luft übergehen (Klosetts, Räume mit übelriechenden Kranken, Sektionssäle usw.). Ein Pulsionssystem würde hier die üblen Gerüche usw. in die übrigen Teile des Hauses verbreiten. Hier ist vielmehr lediglich Aspiration indiziert; und zwar soll die Absaugung stets möglichst nahe der Stelle angebracht werden, wo sich der üble Geruch, der Staub usw. entwickelt, und dieser soll auf kürzestem Wege und ohne mit anderen Menschen in Berührung zu kommen, wo möglich über Dach ins Freie geführt werden. — Nicht selten kombiniert man beide Systeme.

3. Anordnung der Ventilationsöffnungen.

Die Frage, wo die Ventilationsöffnungen im Zimmer angebracht werden sollen, ist nicht für jeden Fall in gleicher Weise zu ent-

scheiden. — Für gewöhnlich ist das untere Drittel des Zimmers, das eigentlich bewohnt wird, zu ventilieren, und man könnte es daher wohl für das richtigste halten, in diesem unteren Drittel die Einströmungsöffnungen, und oben oder unten die Abströmungsöffnungen anzubringen. Diese Anordnung ist jedoch nur dann zulässig, wenn die Außenluft, wie dies im Hochsommer der Fall ist, ungefähr die gleiche Temperatur hat, wie die Zimmerluft („Sommerventilation", Fig. 77 b). Andernfalls ist stets mit dieser Anordnung eine zu lästige Zugempfindung verbunden. Während des größeren Teils des Jahres sind daher die Zufuhröffnungen unbedingt über Kopfhöhe anzulegen, und auch dann ist dem Luftstrom zunächst eine Richtung nach oben zu geben. Von da soll sich die Luft allmählich nach abwärts senken, das bewohnte untere Drittel des Zimmers durchströmen, und ist dann unten abzuführen, und zwar durch über Dach gehende Kamine entweder mit besonderen größeren Öffnungen im Zimmer oder mit offenen Sammelkanälen, die mit Hilfe von Holzpanelen u. dgl. am Fuße der kältesten Wände angelegt werden („Winterventilation", Fig. 77 a). Diese Anordnung ist sowohl für Pulsions- wie für Aspirationsanlagen einzuhalten.

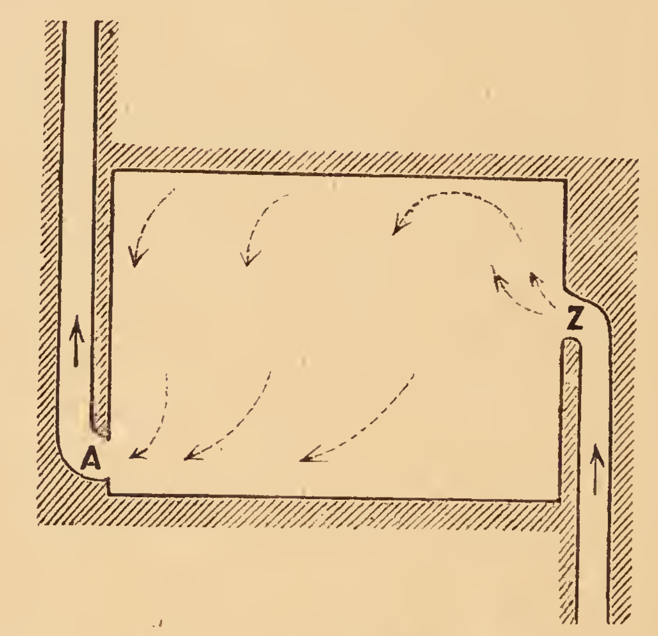


Fig. 77 a. Winterventilation. *Z* Zufuhr-, *A* Abfuhrkanal.

Unter Umständen kommt es allerdings vor, daß bei vorübergehend ungenügender Ventilation (wenn ausnahmsweise zahlreiche Menschen sich in dem Zimmer versammeln usw.) Wärme, Tabaksrauch usw. im oberen Teile des Zimmers sich häufen. In diesem Fall ist das Zimmer zweckmäßig zeitweise so zu ventilieren, daß seine obere, nahe der Decke gelegene Abströmungsöffnung benutzt wird, während die Einströmung wie bisher über Kopfhöhe bleibt (Fig. 77 c). Für die Dauer ist diese Anordnung jedoch nicht beizubehalten, weil dabei das untere Drittel des Zimmers zu wenig berücksichtigt wird.

Eine andere Anordnung ist ferner dann nötig, wenn unter der Decke starke Wärmequellen, z. B. Gaskronleuchter usw. angebracht sind, die ein kräftiges Aufsteigen der verdorbenen Luft bewirken. Die Abströmung ist dann oben, die Einströmung im unteren Teil des Zimmers anzubringen, wie bei der Sommerventilation. In diesem Falle ist aber die Einströmungsluft sorgfältig zu temperieren oder, wenn sie kalt oder stark erwärmt einströmt, muß gleichzeitig eine energische Verteilung der ein-

dringenden Luft auf viele kleine Öffnungen (Porenventilation) vorgesehen werden, um lästige Empfindungen zu vermeiden.

4. Motoren.

Die jeweilige quantitative Leistung und die Regulierfähigkeit der Ventilationsanlage ist von der Art des angewendeten Motors abhängig.

Als Motoren stehen uns zur Verfügung: a) der Wind, b) Temperaturdifferenzen, c) maschineller Betrieb.

a) Der Wind. Derselbe muß bei jeder Ventilationsanlage berücksichtigt werden, weil er diese andernfalls leicht ungünstig beeinflussen kann, und so viel als möglich sucht man ihn zur Unterstützung der An-

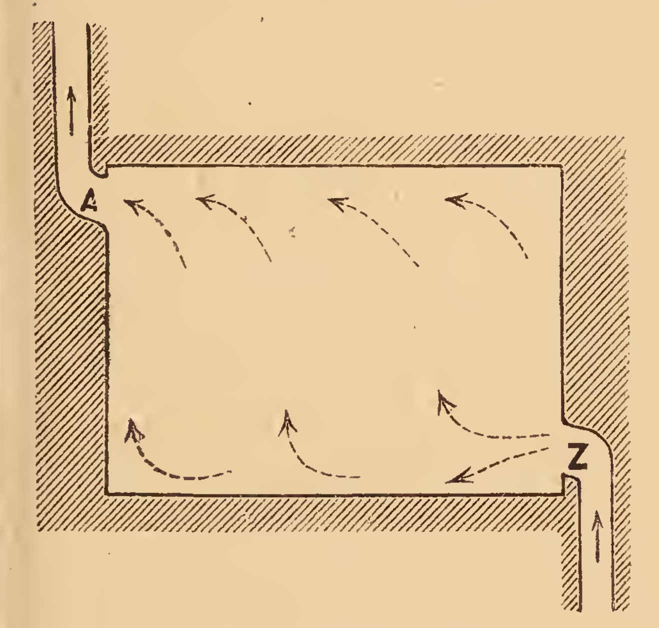


Fig. 77b. Sommerventilation.

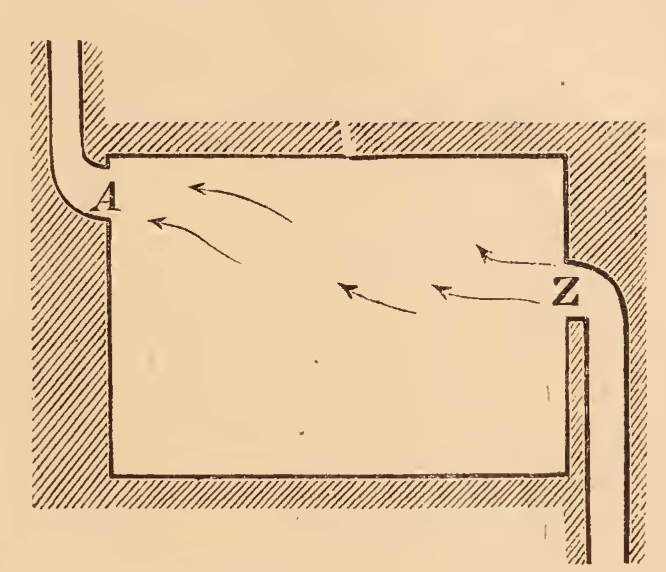


Fig. 77c. Vorübergehende Ventilation.

lage heranzuziehen. Sich auf den Wind als ausschließlichen Motor zu verlassen, ist nicht zweckmäßig, weil Richtung und Stärke des Windes zu großen Schwankungen unterliegen. In einer gewissen Höhe über dem Boden haben wir allerdings selten völlige Windstille, aber gerade an heißen schwülen Tagen versagt diese Wirkung gänzlich, und die Differenzen der Windstärke sind so groß, daß sie eine fortgesetzte Regulierung der Anlage nötig machen.

Die Unterstützung der Anlage durch Wind wird entweder in der Weise arrangiert, daß man denselben über Dach aspirierend auf die Luft der Abfuhrkanäle wirken läßt, und daß man Einrichtungen trifft, mittels welcher diese Aspiration bei jeder Windrichtung ausgeübt wird. Dies wird erreicht durch die Schornsteinaufsätze oder „Saugklappen" (s. Fig. 78, 79, 80).

Die Wirkung derselben stützt sich auf die experimentell begründete Erfahrung, daß jeder Luftstrom infolge der Reibung die nächstgelegenen Luftteilchen mit sich fortreißt und hierdurch in seiner Umgebung eine Luftverdünnung

veranlaßt, die zu weiterem Zuströmen der umgebenden Luft den Antrieb gibt; wird z. B. ein Luftstrom gegen eine Fläche oder gegen einen Zylinder geblasen, so wird er nicht etwa reflektiert, sondern die Luft breitet sich über die ganze Fläche aus und fließt an den Rändern in derselben Richtung weiter, erzeugt dabei aber an der entgegengesetzten Seite eine kräftige Luftverdünnung. Auf dieses Prinzip sind z. B. die Sauger von Wolpert, Grove u. a. (s. Fig. 78) gegründet, bei welchen der Wind bei jeder Richtung gezwungen wird, in einem schräg von unten nach oben gerichteten Strome über die Öffnung des Abfuhrkanals hinwegzustreichen. Fortwährend wird dann Luft aus dem Kanal aspiriert. Durch eine horizontale Deckel-

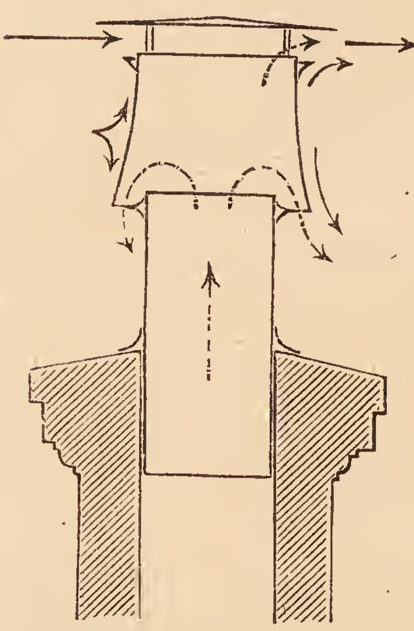


Fig. 78. Wolperts Schornsteinaufsatz.

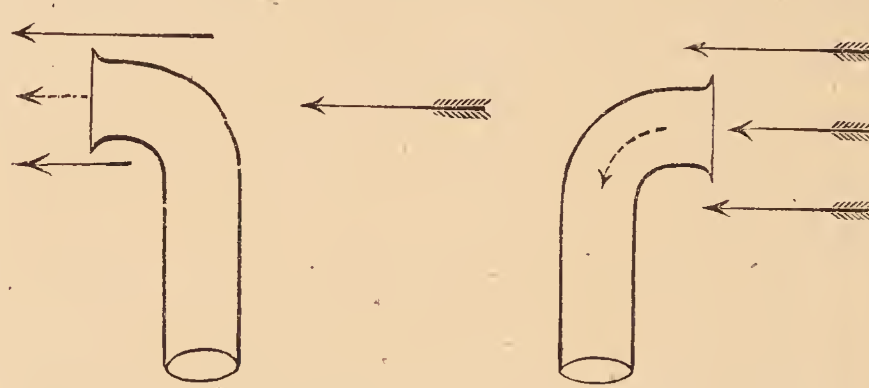


Fig. 79. Aspirationsaufsatz. Fig. 80. Preßkopf.

Die ausgezogenen Pfeile zeigen die Bewegung der Außenluft, die punktierten bedeuten Innenluft diese wird in Fig. 78 u 79 herausgesogen; in Fig. 80 wird Außenluft nach innen gepreßt.

platte gewähren diese Aufsätze außerdem Schutz gegen Einfall von Regen. — Oder man benutzt Zylinder, die oben rechtwinklig gekrümmt sind, und eine trompetenartige Öffnung haben (Fig. 79, 80). Oberhalb der Öffnung ist eine Windfahne angebracht, und der Zylinder ist auf dem Schlot drehbar. Der Aufsatz stellt sich dann immer so, daß die Öffnung vom Winde abgewandt ist, und dieser stets aspirierend wirkt.

Hierher gehört auch die sogenannte Firstventilation, die vielfach bei Krankenbaracken, ferner bei Eisenbahnwagen usw. angewendet wird. Der Dachfirst wird gleichsam aus dem Dach herausgeschnitten und höher gehoben; der Zwischenraum zwischen diesem Stück und dem Dach mit Jalousien ausgefüllt. Durch Stellung der letzteren kann es erreicht werden, daß der Wind in jedem Falle von unten nach oben über den offenen Schlitz unter dem Dachfirst wegstreicht und hier aspirierend auf die Luft des Innenraums wirkt.

Bei allen diesen Aspirationswirkungen des Windes muß vorausgesetzt werden, daß besondere Zufuhröffnungen für die Luft vorhanden sind, da andernfalls unreine Luft aus anderen Räumen (Klosetts, Küchen) in die zu ventilierenden Zimmer eingeführt wird!

Will man an den Fenstern des zu ventilierenden Raumes Öffnungen anbringen, durch die der Wind wirken soll, so macht man am besten die oberen Fensterscheiben um eine horizontale Achse drehbar, so daß die Scheibe nach innen klappt (Kippfenster). Je nach Bedarf kann man dann eine größere oder kleinere Öffnung herstellen, und der eindringende

Luftstrom wird auf der schrägen Fensterfläche zunächst nach oben dirigiert. Durch Schutzbleche ist das seitliche Ausströmen der Luft zu verhindern (Sheringhamsche Lüftungsklappe, Fig. 83). Läßt man die Schutzbleche fort, so entsteht ein direktes Herunterströmen der kalten Luft, so daß die in der Nähe Sitzenden oder Liegenden stark belästigt und geschädigt werden. Letzterer Umstand kann auch bei den sonst brauchbaren Jalousiefenstern und Schiebefenstern (Stumpf) störend wirken.

Vielfach werden einfache Öffnungen in einer der Außenwände nahe der Decke angebracht und mit irgendwelchen Zieraten oder auch mit rotierenden Rädchen versehen. Selbstverständlich ist nicht daran zu denken, daß die rotierenden

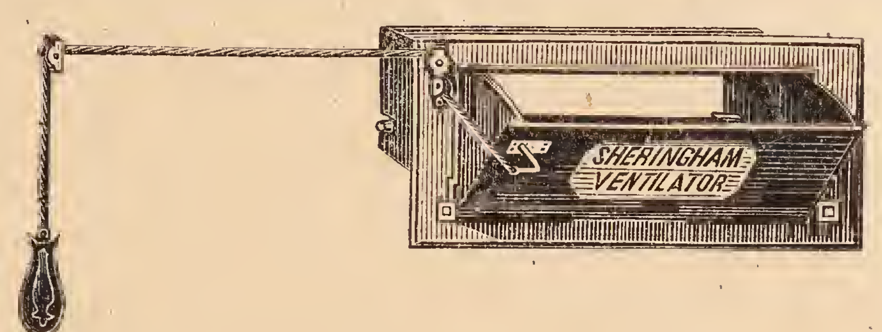


Fig. 83. Sheringhamsche Lüftungsklappe.

Rädchen eine Verstärkung des Luftstromes bewirken. Sie werden im Gegenteil durch die in das Zimmer eindringende Luft bewegt und setzen also quantitativ den Ventilation nur herab, verteilen aber den Luftstrom und wirken dadurch der Zugempfindung entgegen.

Wohl zu bedenken ist, daß es bei jeder Fensterventilation ganz von der zufällig vorhandenen Richtung und Stärke des Windes, von der Temperaturdifferenz und von der Größe und Lage der Öffnung abhängt, ob an dieser Pulsion oder Aspiration oder beides zustande kommt und in welchem Maße. Weitaus am häufigsten, namentlich im Winter, erfolgt überwiegend und besonders im unteren Teil der Öffnung Einstrom; dann wird die Zimmerluft oft in unzulässiger Weise ins Haus getrieben. Bei stärkeren abgekehrten Winden und im Sommer kann der Ausstrom überwiegen und unter Umständen das Nachströmen unreiner Luft veranlassen.

Soll in jedem Falle Einstrom durch den Wind erfolgen, so wendet man Preßköpfe an, durch welche z. B. auf Schiffen frische Luft in die unteren Räume (Maschinenraum) eingepreßt wird; diese sind ebenso geformt wie die aspirierend wirkenden Aufsätze (Fig. 80), nur daß die Öffnung hier dem Wind stets entgegengerichtet wird.

b) Temperaturdifferenzen. Sobald Luft erwärmt wird, dehnt sie sich aus und wird spezifisch leichter. Da die entstehenden Gewichtsdifferenzen sehr bedeutend sind, kommen starke Gleichgewichtsstörungen und bedeutende Überdrucke zustande. Diesen entsprechend findet dann eine Bewegung der Luft statt, welche sich dauernd erhält, so-

lange die Temperaturdifferenz vorhanden ist. Die Geschwindigkeit der Bewegung ist von der Größe der Temperaturdifferenz t—t′, von der Höhe der Luftsäule h und von der Fallbeschleunigung (g = 9,81) abhängig und berechnet sich im Einzelfalle (abgesehen von der Reibung) nach der Gleichung:

$$v = \sqrt{\frac{2\,h\,g \cdot (t - t')}{273 + t}}.$$

Die Temperaturdifferenzen kommen bei Ventilationsanlagen zur Anwendung erstens durch Vermittelung der Öfen. Man vermeidet die Aspiration durch zufällige Eintrittsöffnungen, und verbindet vielmehr den Ofen mit einem bestimmten Zufuhrkanal, so daß eine Art Pulsionssystem entsteht. An der äußeren Hausseite legt man die (mit Zieraten versehene) Einströmungsöffnung des Kanals an. Dort wird eventuell ein Preßkopf und ein Insektenfilter angebracht. Von da aus wird dann der Kanal im Zwischenboden hin- und schließlich in den Mantelraum geführt, wenn ein Mantelregulierfüllofen vorliegt; bei gewöhnlichen Öfen ohne Mantel läßt man den Kanal hinter dem Ofen etwa einen Meter über dem Boden offen enden. Der starke Auftrieb leitet die Luft zunächst gegen die Decke hin, und von da senkt sie sich allmählich nach abwärts. Ein Schieber dient zur Regulierung des Querschnittes des Kanals. — Auch von Korridoren mit einwandfreier Luft aus kann der Zufuhrkanal ausgehen. Die eingeströmte Luft kann man entweder durch beliebige Öffnungen den Austritt suchen lassen, oder man richtet besondere Abfuhrkanäle her (Öffnungen nahe dem Fußboden, über Dach mit Aspirationsaufsätzen).

Ein ähnliches, einfaches Arrangement läßt sich auch bei Kachelöfen in der Weise treffen, daß der Zwischenraum zwischen Ofen und Wand an den beiden Seiten mit einer einfachen Mauer geschlossen wird, nachdem vorher die Zimmerwand in ihrem unteren Teile eine Öffnung nach außen erhalten hat. Die durch diese Öffnungen eintretende Luft strömt dann hinter dem Ofen nach aufwärts und über den Ofen weg ins Zimmer. Die Anlage ist jedoch nicht so gut regulierbar und nicht so leicht zu reinigen wie die zuerst beschriebene, und hindert außerdem die Wärmeabgabe vom Ofen. — Über die Ventilation mittels Luftheizung, Dampfheizung usw. s. unter „Heizung“.

Selbstverständlich funktionieren die auf der Ofenwärme basierenden Lüftungsanlagen (auch die Luftheizungen) nur so lange die Öfen geheizt werden. Im Sommer hört die als Motor dienende Temperaturdifferenz und damit jede Luftbewegung auf. Es kann dann höchstens der Wind durch die saugende Wirkung an den Aspirationsschloten, oder aber mit Hilfe geöffneter Fenster wirken. Das ist jedoch für Krankenhäuser, Versammlungsräume u. dgl. eine zu unzuverlässige, oft versagende und namentlich für die mäßig warme Übergangszeit lästige Art der Ventilation.

Besser ist es daher, auch für den Sommer einen besonderen Motor zu schaffen. Man erhält denselben z. B. durch einen eigens zu diesem Zwecke geheizten Kamin,

dessen Rauchrohr neben den Ventilationsschornstein gelegt wird, beide nur getrennt durch gußeiserne Platten; oder man führt den eisernen Rauchkamin in der Mitte eines größeren gemauerten Schornsteins in die Höhe und läßt in dem stets warmen Zwischenraum zwischen beiden die Abfuhröffnungen münden (vgl. Fig. 67, Luftheizungsschema).

Sind keine Feuerungen für die Ventilation benutzbar, so können durch Gasflammen die nötigen Temperaturdifferenzen hergestellt werden. Man läßt dieselben in dem Abfuhrkanal brennen und wählt kräftig hitzende Flammen, am besten Bunsenbrenner. Dieselben fördern stündlich 120—150 cbm Luft bei einem Verbrauch von 200 Liter Gas.

Die letztbeschriebenen Anlagen beruhen auf Aspiration. Sie sind daher nur zulässig, wenn gleichzeitig bestimmte weite Zufuhrwege gegeben sind, z. B. herabklappbare Fensterscheiben oder Fensterjalousien oder aber besonders angelegte zum Ofen bzw. zum Kalorifer führende Kanäle. Stets sind Klappen oder Schieber zur Regulierung anzubringen.

c) Maschinenbetrieb bietet besondere Vorteile, weil er die empfindlichste Regulierung gestattet. Für einfache Anlagen läßt sich Wasserbetrieb benutzen.

Entweder wählt man Turbinenradventilatoren: in diesen bewegt der Wasserstrahl ein Flügelrad; auf der gleichen Welle sitzt ein zweites größeres Turbinenrad, das sich in einem Luftkanal befindet und bei seinen Umdrehungen die Luft vordrückt. Je nachdem man das Wasser von rechts oder von links einströmen läßt, bekommt man an der gleichen Öffnung Pulsion oder Aspiration (Kosmosventilatoren, Zentrifugalventilatoren u. a. m.). — Oder man benutzt sogenannte Wasserstrahlventilatoren (Viktoriaventilator), bei welchen ein kräftiger Wasserstrahl, der durch ein feines Sieb hindurchgeht und sich dann in einem engen Zylinder ausbreitet, große Mengen von Luft mitreißt. Im Durchschnitt fördern diese Ventilatoren mit einem Wasserverbrauch von 100 Liter pro Stunde (also für den Preis von 1—2 Pf.) 30—40 cbm Luft; die meisten arbeiten allerdings nicht ohne Geräusch.

Wo elektrischer Strom zur Verfügung steht, sind elektrisch betriebene Ventilatoren sowohl für kleinere wie für größere Anlagen am besten geeignet und am billigsten.

Die Flügelventilatoren bestehen aus einem geschlossenen Gehäuse, in welchem eine Welle mit Flügeln liegt. Die Luft im Gehäuse wird durch Wirkung der Zentrifugalkraft an der Peripherie verdichtet, im Zentrum ausgedehnt; an der Peripherie liegt die Ausblasöffnung, im Zentrum die Einströmungsöffnung. — Schraubenventilatoren bestehen aus einem offenen eisernen Zylinder, in dessen Achse eine Welle liegt, welche senkrecht mehrere schraubenförmig gewundene Flügel trägt. Durch Drehung der Welle wird eine Verdichtung der Luft hinter derselben, eine Ausdehnung vor der Welle bewirkt und dadurch eine Bewegung eingeleitet.

Auch Dampfstrahlventilatoren werden benutzt, bei welchen der Dampf aus einer engeren in eine weitere Düse eintritt und dadurch in letzterer eine Luft-

verdünnung erzeugt, durch welche Luft angesaugt und fortgerissen wird. Ähnlich wirkt ein Strom komprimierter Luft, der durch starke mit Luft betriebene Luftkompressionspumpen erzeugt wird. Die letztgenannten Anlagen sind jedoch mit starkem Geräusch verbunden und daher nur für Arbeitsräume in Fabriken usw. verwendbar.

C. Prüfung der Lüftungsanlagen.

Für eine genauere Beurteilung der quantitativen Leistungsfähigkeit einer Anlage ist es erforderlich, die zu- oder abgeführte Luftmenge festzustellen.

Erfolgt die Ventilation durch eigene Luftkanäle, so benutzt man zur Messung folgende Methoden, auf welche sich der Untersucher besonders einüben muß, und die daher hier nur angedeutet werden:

1. Differentialmanometer. Dieselben messen direkt den Überdruck der Außen- bzw. Innenluft. Da es sich um sehr kleine Überdrücke handelt, ist der eine Schenkel des Manometers kein vertikal aufsteigendes Rohr, sondern liegt nahezu horizontal, mit ganz geringer Steigung; ferner wird zur Füllung Petroleum benutzt, das spezifisch leicht ist und sich ohne Widerstand in feinen Glasröhren bewegt. Führt man ein besonders konstruiertes Ansatzrohr in den zu untersuchenden Luftstrom, so läßt sich aus den Angaben des Manometers die Ventilationsgröße mittels einfacher Formeln berechnen.

2. Anemometer, s. S. 27. Nach genauer Eichung der Instrumente werden bei Aspirationsanlagen in der Abströmungsöffnung, bei Pulsionsanlagen in der Zuströmungsöffnung zahlreiche Messungen vorgenommen, jede von mindestens 2—3 Minuten Dauer, und aus ihnen das Mittel gezogen. Die Bestimmungen sind an verschiedenen Stellen der Öffnung zu machen; erforderlichenfalls ist ein Blechrohr an der Öffnung zu fixieren und an dessen Mündung zu messen. Die gefundene mittlere Geschwindigkeit des Luftstroms in der Öffnung multipliziert mit deren Querschnitt ergibt das geförderte Luftquantum.

Erfolgt die Ventilation teilweise oder ausschließlich durch natürliche Öffnungen (Ritzen, Poren), so läßt sich die Größe des Luftwechsels durch Kohlensäurebestimmung ermitteln.

Durch Brennen von Kerzen oder durch die Atmung zahlreicher Menschen (Schulkinder) oder durch CO_2 aus Bomben wird in dem zu untersuchenden Raum ein hoher CO_2-Gehalt hergestellt, sodann sistiert man die weitere CO_2-Produktion, indem man die Lichter auslöscht oder die Menschen hinausgehen läßt, bestimmt den CO_2-Gehalt der Zimmerluft und überläßt nunmehr eine Stunde lang das Zimmer sich selbst; dann wiederholt man die CO_2-Bestimmung, findet jetzt eine gewisse Abnahme des Gehalts und berechnet aus der Intensität der Abnahme die Luftmenge, welche inzwischen von außen in das Zimmer eingetreten ist.

Außer der quantitativen Gesamtleistung ist noch die Verteilung und Richtung des Luftstroms festzustellen. Ferner ist auf Zugluft zu prüfen.

Letztere ermittelt man entweder durch das Gefühl am entblößten Kopf oder Hals bei ruhigem, längerem Aufenthalt an der zu prüfenden Stelle des Wohn-

raumes. Bei kalter Außenluft erweckt bei den meisten Menschen ein Strom von 5 cm Geschwindigkeit pro Sek., bei Luft von 15° ein solcher von 10 cm deutliche Zugempfindung. — Oder man kann kleinste Paraffinkerzen (Weihnachtslichter) mit möglichst dünnem Docht zur Prüfung benutzen, die noch eine Ablenkung der Flamme ungefähr bei der angegebenen Grenzgeschwindigkeit erkennen lassen; die gewöhnlichen Anemometer sind für diese Messungen zu unempfindlich.

D. Leistung der Lüftungsanlagen.

Die eingangs aufgezählten Aufgaben der Lüftung werden durch die beschriebenen Einrichtungen in sehr verschiedenem Grade gelöst.

1. Für die Entwärmung, von welcher — wie oben bereits hervorgehoben — in erster Linie das Befinden und Behagen der im geschlossenen Raum befindlichen Menschen abhängt, vermag die Ventilation Erhebliches zu leisten; einströmende bewegte kühlere Luft vermag die Wärmeabgabe durch Leitung zu befördern und die Ansammlung von Wasserdampf in der nächsten Umgebung der Menschen zu verhüten. Ein kräftiger Luftstrom, namentlich wenn er durch ein geöffnetes Fenster eintritt und noch bewegte Luft mit den im Freien üblichen Schwankungen der Geschwindigkeit übermittelt, „erfrischt" daher außerordentlich. Allerdings werden zu starke Ströme von ruhig sitzenden oder liegenden Menschen leicht als Zug empfunden und sind daher in Häusern mit zahlreichen Bewohnern, namentlich in Schulen und Krankenhäusern, nur in beschränktem Grade zulässig. Der einzelne kann sich jedoch gegen Zugempfindung stark abhärten und dann ein reichliches Maß von Lüftung vertragen. Nervöse Menschen fühlen sich oft erst wohl, wenn sie auch Nachts reichliche, bewegte Außenluft zugeführt bekommen (vgl. S. 481). — Auch Zirkulation der im Raume befindlichen Luft ohne Luftzufuhr von außen kann Verwendung finden; dabei tritt aber viel leichter Zugempfindung auf. — Relativ machtlos ist die Ventilation gegenüber starken Wärmequellen, z. B. gegenüber den im Sommer durch Insolation stark erwärmten Hauswänden und den dadurch bedingten hohen Wohnungstemperaturen (s. S. 333.)

2. Eine Entfernung der gasigen übelriechenden oder giftigen Beimengungen der Luft ist durch ein entsprechendes Luftquantum und zweckmäßige Richtung (Aspiration!) des Luftstroms relativ leicht zu erreichen. — Über Abortlüftung s. S. 456.

Indessen wird eine abnorm reichliche Produktion gasiger Verunreinigungen durch eine innerhalb der üblichen Grenzen gehaltene Ventilation nicht mehr zu beseitigen sein. So viel als möglich sollte überhaupt stets zunächst die Produktion der Luftverunreinigung verhindert und erst der unvermeidlich bleibende Rest durch Lüftung beseitigt werden. Dement-

sprechend hat man mit Recht in neuerer Zeit den Versuch gemacht, die schlechte Luft in Schulstuben, Kasernen usw. in erster Linie dadurch zu bessern, daß die Kinder bzw. Soldaten in regelmäßigen Zwischenräumen Bäder erhalten, daß gleichzeitig auf möglichste Reinlichkeit der Kleidung gesehen wird, und daß die Mäntel außerhalb des Wohnraumes bleiben. Die Erfahrung hat gelehrt, daß bei Einhaltung dieser Vorschriften eine relativ geringe Ventilation genügt, um eine nicht belästigende Luft herzustellen, nachdem vorher die kostspieligsten Ventilationsanlagen insuffizient waren. In solcher Luft darf auch die übliche Grenze des CO_2-Gehalts anstandslos überschritten werden. — In Krankenzimmern ist nach Czerny der Geruch des Fäzes leicht zu beseitigen durch Übergießen mit 10 % Antiforminlösung (zu beziehen von Oskar Kühn, Berlin, Dirksenstr. 20).

3. Zur Entfernung des Staubes aus der Luft eines Wohnraumes bedarf es eines Ventilationsstromes von bedeutender Stärke. Während für den Transport feinster Staubpartikel allerdings schon Luftströme von 0,2 mm ausreichen, wird die aus gröberen Teilen bestehende Hauptmasse das Luftstaubes erst durch Luftströme von mehr als 0,2 m Geschwindigkeit fortgeführt; mineralischer Staub erfordert noch stärkere Ströme. Nun beträgt aber die Geschwindigkeit der Ventilationsluft an den Ein- und Austrittsöffnungen zwar ½—1 m pro Sekunde, im Innern des Zimmers dagegen $^1/_{1000}$ m und weniger. Es können also lediglich aus der nächsten Umgebung der Abströmungsöffnungen größere Staubteilchen fortgeführt werden, während im größten Teil des Zimmers höchstens ein längeres Schwebenbleiben und langsameres Absetzen derselben erfolgt.

Ist daher z. B. in Fabrikräumen eine Entfernung des in Massen produzierten Staubes erforderlich, so kann dies nur dadurch geschehen, daß die Abströmungsöffnung in unmittelbarste Nähe der Staubquelle gebracht wird. Sobald der Staub erst im Zimmer verteilt ist, sind zur Beseitigung Ventilationsströme von solcher Intensität erforderlich, daß sie erhebliche Belästigung für die Bewohner und eventuell Gesundheitsstörungen mit sich bringen würden.

Handelt es sich um einen momentan nicht bewohnten Raum, so läßt sich die Luft durch starken Zug von Staub ziemlich vollständig befreien. Eine Beseitigung auch des am Boden, an Möbeln, Teppichen usw. haftenden Staubes kann dagegen in dieser Weise nicht, sondern nur dadurch erfolgen, daß die Einströmungsöffnung eines kräftigen Saugapparates in unmittelbarer Berührung mit den staubhaltigen Flächen gebracht wird (Vakuumreiniger). Ferner ist das Fixieren des Staubes durch Mineralöle nicht nur auf den Straßen, sondern auch in den Wohnräumen von Bedeutung (s. unter „Schulen").

4. Die in der Luft eines Wohnraumes oder Krankenzimmers schwebenden Infektionskeime zeigen gegenüber den Ventilationsanlagen

ungefähr das gleiche Verhalten, wie die Staubpartikelchen, an denen sie haften. Ein einwandfreies Fortschaffen gelingt keineswegs durch jede Art von Ventilation, z. B. Öffnen der Fenster, sondern gegenüber den gröberen Stäubchen ist selbst eine Ventilation, bei welcher der Luftraum des Zimmers viermal pro Stunde erneuert wird, nicht imstande, eine wesentlich schnellere Verminderung der in der Luft suspendierten Keime herbeizuführen, als beim Fehlen jeder Ventilation. In ruhiger Zimmerluft setzen sich die Keime allmählich innerhalb 1—2 Stunden zu Boden; bei Ventilation von der üblichen Stärke wird ein sehr kleiner Teil fortgeführt, dafür wird das Niedersinken anderer Keime verzögert, so daß der Gehalt der Luft ungefähr ebenso ist wie bei völlig ruhiger Luft.

Läßt man auf einen unbewohnten Raum kräftigen Zug wirken, so wird zwar die Luft bald keimfrei; dagegen vermögen selbst die stärksten Ströme nicht die auf Möbeln, Kleidern usw. abgesetzten Keime fortzuführen. Nur wenn kräftige mechanische Erschütterungen (Klopfen, Bürsten) hinzukommen, kann ein Teil der so losgelösten Keime von kräftigen Luftströmen weiter getragen werden.

Eine Desinfektion von Wohnräumen, Kleidern oder sonstigen Utensilien durch Lüftung ist daher durchaus unzuverlässig. Will man Kleider und Möbel dadurch keimfrei machen, daß man sie in einem Luftstrom klopft und bürstet, so kann damit allerdings eine wesentliche Verringerung der haftenden Keime erzielt werden; aber man wird unfehlbar die betreffenden Arbeiter der Infektion exponieren, und in einer städtischen Wohnung wird es kaum möglich sein, einen Ort zu finden, wo diese Prozedur ohne Gefahr für die weitere Umgebung ausgeführt werden kann.

Unsere Ventilationsanlagen sind daher weder imstande noch dazu bestimmt, die Luft der Wohnräume von Infektionserregern freizuhalten. Vielmehr besteht die bis jetzt lösbare Aufgabe der Ventilation ausschließlich in der Reinhaltung der Luft von gasigen Beimengungen und in der Beseitigung übermäßiger Wärme.

Der Versuch, durch Ozonisierung der Luft die Ventilation der Wohnräume zu ersetzen, muß insofern von vornherein als verfehlt bezeichnet werden, als dabei die hauptsächlichste Aufgabe der Lüftung, Überschüsse von Wärme und Wasserdampf fortzuschaffen, ganz ignoriert und nur die weniger bedeutungsvolle Befreiung der Luft von riechenden Bestandteilen angestrebt wird. Aber auch die Leistung der Ozonisierung gegenüber den riechenden Verunreinigungen ist einstweilen noch durchaus zweifelhaft. Bei den bisherigen Versuchen sind in den Luftzufuhrkanälen Ozonisatoren eingebaut, d. h. Entladungselektroden aus zwei Glaszylindern bzw. aus einem äußeren Glas- und inneren Al-Zylinder oder

Plattenelektroden sind in hochgespannten Wechselstrom eingeschaltet; die damit erhaltenen Ozonkonzentrationen sollen 0,05—0,5 mg Ozon pro Kubikmeter Luft betragen. Experimentell hat ein solcher Ozongehalt nicht die mindeste Wirkung auf Bakterien gezeigt, zweifelhafte Wirkung gegenüber bekannten riechenden Gasen. Bei den in der Praxis angeblich konstatierten Effekten sind Fehlerquellen kaum vermeidlich, und namentlich ist eine Verdeckung anderer Gerüche durch das stark riechende Ozon sicher beteiligt. Besonders hervorzuheben ist aber die schädliche Wirkung einer mit Ozon derart angereicherten Luft auf den Menschen. Man begegnet häufig Menschen, die auf die genannten Konzentrationen mit heftiger Konjunktivitis und Kehlkopfreizung reagieren, und die sich daran nicht gewöhnen, sondern nach jeder Einatmung empfindlicher werden. Die Einführung einer Luftozonisierung in Krankenhäusern, Theatern ist daher bis zur Klärung dieser wichtigen Vorfragen zu widerraten. — Dagegen scheint die Ozonisierung in Räumen, wo Nahrungsmittel konserviert werden sollen, nützlich zu sein.

Eine spezifische, die geistige Ermüdung bannende Verbesserung der Luft sollte nach einigen Beobachtungen durch Versprayen einer Antikenotoxinlösung möglich sein; mittels dieser sollte das nach Weichardt in der Expirationsluft enthaltene Ermüdungsgift (Kenotoxin) neutralisiert werden können. Wiederholungen dieser Versuche unter sorgfältigerer Berücksichtigung aller Fehlerquellen konnten die Resultate jedoch nicht bestätigen.

Literatur: Rietschel, Lüftungs- und Heizungsanlagen, 3. Aufl., Berlin 1902. — Lüftung und Heizung von Schulen, 1886. — Recknagel, Sitzungsber. der Münch. Akad. d. Wiss. 1879. — Viert. f. öff. Ges. 1884. — Fanderlik, Schmidt, Dietz, s. unter „Heizung". — Wolpert, Theorie und Praxis der Ventilation und Heizung, 3. Aufl. — Stern, Über den Einfluß der Ventilation auf in der Luft suspendierte Mikroorganismen. Zeitschr. f. Hygiene, Bd. 7, S. 44. — Flügge, ebenda, Bd. 24. — Konrich, Ozonlüftung, Z. f. Hyg. u. Inf., Bd. 74.

VI. Beleuchtung.

Die Beleuchtung des Wohnraumes erfolgt entweder durch Tageslicht oder durch künstliche Beleuchtung.

A. Tageslicht.

Der Einfluß des Tageslichts auf das Wohlbefinden und die Stimmung des Menschen, sowie die Wirkung des Lichts gegenüber den Bakterien sind bereits oben S. 52 erörtert. Hier interessiert uns außerdem noch der im Freien nicht in Betracht kommende Fall, daß das Sehorgan durch eine zu geringe Lichtmenge oder ungünstige Lichtqualität beeinträchtigt wird.

Vielfache Proben haben ergeben, daß für Lesen, Schreiben und andere die Augen anstrengende Beschäftigungen eine Helligkeit des Arbeitsplatzes erforderlich ist, die mindestens 25 Meterkerzen entspricht;

das Optimum der Sehschärfe wird erst bei 50 Meterkerzen erreicht. Unter einer Meterkerze versteht man dabei diejenige Helligkeit, welche durch eine Amylacetatflamme, Hefnerlampe, HL, von 8 mm Durchmesser des Dochtrohrs und 40 mm Flammenhöhe auf einer 1 Meter entfernten Fläche hervorgerufen wird.

Um nun diese Helligkeit von 25 Meterkerzen auf einem von Tageslicht beleuchteten Arbeitsplatz herzustellen, kann die Zufuhr von direktem Himmelslicht kaum entbehrt werden. Eine solche ist aber in städtischen Wohngebäuden vielfach gar nicht oder in ganz un-

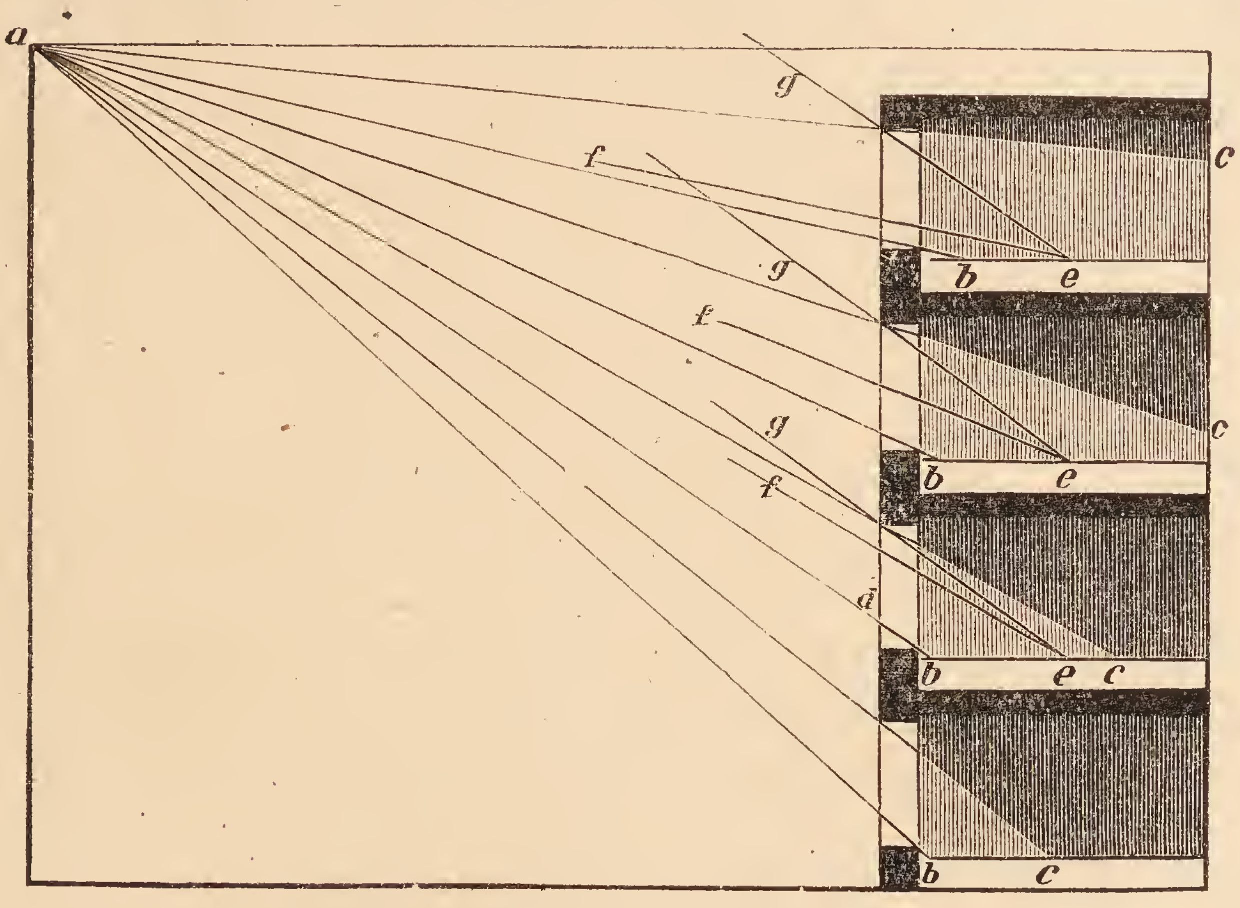


Fig. 82. Tageslichtmessung nach Förster.

genügender Weise vorhanden. Bei engen Straßen und hohen Häusern bekommen Parterreräume oft gar kein direktes Himmelslicht. Auch wenn der Forderung b = h (s. oben) genügt ist, werden nur die nicht weit vom Fenster befindlichen Plätze von Himmelslicht getroffen und der größte Teil des Zimmers bleibt im Halbdunkel (vgl. Fig. 82)

Unter Umständen kann zwar ein Zimmer durch erhebliche Mengen reflektierten Lichts erhellt werden, das entweder von den hellgestrichenen Mauern der gegenüberliegenden Häuser oder von den hellen Wänden und der Decke des Zimmers zurückgeworfen wird. Dieses Wandlicht kann bei gut belichteten Plätzen bis 10 % der gesamten Helligkeit ausmachen, an trüben Tagen und bei allmählich dunkler gewordenen Anstrichen versagt aber diese Lichtquelle ganz. In Schulen, und für Plätze, an denen dauernd feine Arbeiten verrichtet werden sollen, darf man sich daher nie auf das reflektierte Licht verlassen, sondern man

wird es höchstens als einen willkommenen Zuwachs zur normalen Menge direkten Himmelslichts ansehen können

In den meisten Fällen wird es sogar unerläßlich sein, daß ein bestimmtes Quantum direkten Himmelslichtes dem Arbeitsplatz zugeführt wird; und diese Förderung läßt sich präzisieren, indem man 1. den Öffnungswinkel, und 2. den Neigungswinkel bestimmt, welchen die auf den Platz fallenden Strahlen in minimo bilden sollen (Förster), und 3. eine tunlichste Breite der lichtgebenden Fläche vorsieht.

Der Öffnungswinkel mißt die vertikale Ausdehnung des Himmelsgewölbes, welches Strahlen auf den Platz sendet. Er wird begrenzt einmal durch einen unteren, von dem Platz nach der Oberkante des gegenüberliegenden Hauses gezogenen Randstrahl und zweitens durch einen oberen, von dem Platze nach der oberen Fensterkante gezogenen und über diese verlängerten Randstrahl. In Fig. 82 ist für den in der Mitte des Zimmers gelegenen Platz e der Winkel f e g der Öffnungswinkel. Im Erdgeschoß fehlt für diesen Platz der Öffnungswinkel ganz; im ersten Stock ist er sehr spitz; in den höheren Stockwerken wird er erheblich größer. An ausreichend belichteten Plätzen beträgt er — sonstige günstige Bedingungen vorausgesetzt — mindestens 4°.

Der Neigungswinkel ist der Winkel, unter welchem die Strahlen auf die zu belichtende Fläche auffallen (also das Komplement des in der Physik als Einfallswinkel bezeichneten Winkels). Je größer die Entfernung des belichteten Platzes vom Fenster ist, um so schräger fallen die Strahlen auf, auf eine um so größere Fläche verteilt ein Strahlenbündel sein Licht, und um so geringer ist die Helligkeit. Die Abnahme der Helligkeit erfolgt annähernd im Quadrat der Entfernung. — Das Minimum des oberen Neigungswinkels, d. h. des Winkels, welchen der oberste Lichtstrahl mit der Tischfläche bildet, ist durch zahlreiche Proben auf etwa 27° fixiert. Dieses Minimum ist dann vorhanden, wenn die Zimmertiefe nicht mehr als das Doppelte der Fensterhöhe (von der Tischplatte bis zur oberen Fensterkante gemessen) beträgt. Bei größerer Zimmertiefe wird der Einfall der Lichtstrahlen zu schräg, und bei gleichzeitig großem Öffnungswinkel kommt blendende Wirkung zustande — Eine genauere Bestimmung der Platzhelligkeit ist in dieser Weise nicht ausführbar, weil der Neigungswinkel der übrigen Lichtstrahlen sich nicht genügend berücksichtigen läßt.

Als dritter Faktor kommt die Breite der lichtgebenden Fensterflächen oder die Breitenausdehnung des sichtbarem Himmelsgewölbes in Betracht. Geschieht z. B. bei Schulbauten die Anordnung der Fenster nach einem einigermaßen gleichen Schema, so daß nur schmale Pfeiler die Fenster unterbrechen und die ganze Fensterwand gleichsam eine einzige lichtgebende Fläche darstellt, so kann bei einer Vergleichung die

Fensterbreite vernachlässigt werden. Bei größeren Verschiedenheiten der Fensterbreite ist diese stets zu berücksichtigen.

Es ergibt sich aus vorstehendem leicht, in welcher Weise die Lichtverhältnisse eines Zimmers gebessert werden können, wenn vorstehende Forderungen nicht erfüllt sind. Ein tunlichstes Hinaufrücken der oberen Fensterkante erhöht gleichzeitig Öffnungs- und Einfallswinkel; Erweiterung der Fenster nach unten schafft nur wertlose und blendende Strahlen. Die Zimmertiefe ist eventuell zu verringern, oder benutzte Plätze sind nur soweit zuzulassen, wie die Entfernung vom Fenster das Doppelte der Fensterhöhe beträgt. Die Pfeiler zwischen den Fenstern sind zu verschmälern und nach innen abzuschrägen; es sind Fensterkreuze zu wählen, die möglichst wenig Licht wegnehmen. Außerdem ist noch die Größe der Fensterfläche, der Anstrich der Wände und Decken, die Art der Vorhänge von Einfluß auf die Helligkeit des Raumes (s. Kap. „Schulen").

Methoden zur Messung der Belichtung von Arbeitsplätzen.

Unter Umständen können auf Grund der oben gegebenen Ausführungen schon Bauprojekte begutachtet werden; hier sind viel eher durchgreifende Korrekturen möglich, als nach Fertigstellung des Gebäudes.

Erforderlich sind alsdann Skizzen von Gebäudedurchschnitten, welche durch die Fenster gelegt sind und Höhe und Abstand der den Fenstern gegenüberliegenden Gebäude, Bäume usw. erkennen lassen; und zwar für jedes Fenster mit abweichender Horizontlinie ein besonderer Durchschnitt. An diesen Durchschnitten ist erstens die Grenze des Himmelslichts festzulegen, indem der höchste Punkt des Horizonts, falls derselbe höher liegt als der obere Fensterrand, mit letzterem verbunden, und diese Linie bis auf die Platte des Arbeitstisches (evtl. auf deren imaginäre Verlängerung) gezogen wird. Die Plätze, welche vom Fenster noch weiter abliegen als der Schnittpunkt dieser Linie mit dem Arbeitstisch, haben kein direktes Himmelslicht und sind als Arbeitsplätze für Lesen und Schreiben unbedingt zu beanstanden. — Zweitens ist zu ermitteln, ob die Zimmertiefe nicht mehr als doppelt so groß ist wie die Fensterhöhe (vom Schreibtisch bis zur oberen Fensterkante gemessen). Ist dies Maß überschritten, so ist der in größerer Tiefe befindliche Teil des Zimmers für Arbeitsplätze schlecht benutzbar; nach Möglichkeit ist die Zimmertiefe zu verringern oder das Fenster höher hinaufzuführen. — Zur Bestimmung der Belichtungsverhältnisse der nach diesen Ausschaltungen noch übrigbleibenden, von direktem Himmelslicht mit mindestens 27° oberem Neigungswinkel getroffenen Plätze ist von diesen aus eine Linie nach dem oberen Fensterrand, eine zweite nach dem Horizont zu ziehen und der zwischenliegende Winkel (= Öffnungswinkel) bzw. der zwischen oberem Grenzstrahl und Tischplatte eingeschlossene obere Einfallswinkel mit einem Transporteur auszumessen. — Ferner ist die möglichste Breitenausdehnung der Fenster zu beachten.

Wenn keine Durchschnitte vorliegen, so läßt sich auf Plänen wenigstens die Himmelslichtgrenze nach der Küsterschen Formel $L = \frac{S}{B - (F + S)}$ berechnen, wo L die Tiefe des Lichteinfalls am Fußboden (Abstand von der Front) bedeutet, B den Abstand der Hausfront von dem gegenüberliegenden Lichthindernis, H Höhe des letzteren, F Höhe des Fußbodens über der Erde und S Sturzhöhe des Fensters über dem Fußboden.

Für die Begutachtung von fertigen Gebäuden kommen zwei Kategorien von Methoden in Betracht; erstens solche, welche die dauernden Belichtungsverhältnisse eines Arbeitsplatzes ermitteln, zweitens solche, welche die momentan auf einem Platz vorhandene Helligkeit bestimmen.

1. Messung der Belichtungsverhältnisse eines Platzes.

a) Bestimmung der Himmelslichtgrenze und der Grenze des oberen Neigungswinkels von 27°. — Mittels eines Taschenspiegels,

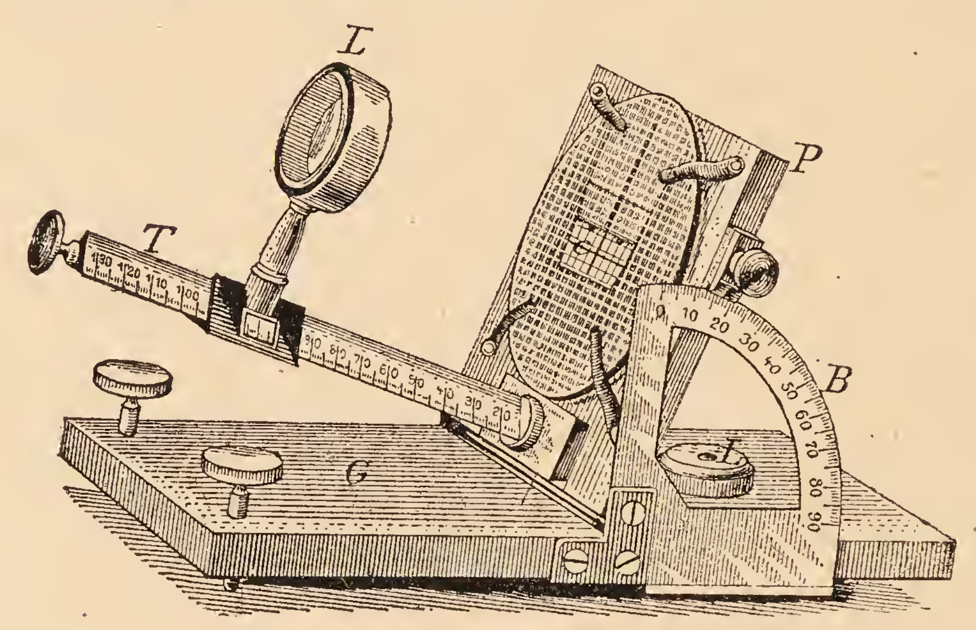


Fig. 83. Webers Raumwinkelmesser.

den man in Tischhöhe in gegen das Fenster geneigter Haltung in der Hand trägt, und auf den man möglichst senkrecht heruntersieht, findet man die Grenzen des direkten Himmelslichts. Man beginnt an den dem Fenster genäherten Plätzen, auf denen noch deutlich ein Stück Himmelsgewölbe sich abspiegelt, und geht langsam unter allmählich stärkerer Neigung des Spiegels vom Fenster zurück, bis dieses verschwindet. Der gefundene Grenzpunkt wird auf dem Tische markiert. Der Versuch ist, namentlich bei ungleichem Horizont, in verschiedenen Abschnitten des Zimmers zu wiederholen; die Verbindung der einzelnen Punkte ergibt die Grenzlinie, bis zu der das direkte Himmelslicht reicht und bis zu welcher dauernd benutzte Plätze zulässig sind.

Um die Grenze des wünschenswerten Neigungswinkels zu finden, mißt man die Fensterhöhe (vom Tisch bis zur oberen Fensterkante) und markiert auf dem Tisch den horizontalen Abstand vom Fenster, welcher der doppelten

Fensterhöhe entspricht. Die jenseits dieser Linie gelegenen Plätze erhalten zu schräges Licht und sind deshalb ungünstig belichtet.

Durch diese einfachen Messungen lassen sich zahlreiche Plätze ohne weiteres eliminieren. — Für eine genauere Beurteilung der übrigen Plätze sind die folgenden Methoden zu benutzen:

b) *Die Messung des sichtbaren Teils des Himmelsgewölbes mit dem Raumwinkelmesser* (L. *Weber*).

Denkt man sich das Himmelsgewölbe in gleiche Quadrate von 1° Seitenlänge geteilt und sieht man dann durch eine begrenzte Öffnung nach dem Himmel, so erhält man einen Kegel oder eine Pyramide, deren Spitze im Auge liegt, deren Seiten durch die vom Auge nach den Rändern der Öffnung und darüber hinaus verlängerten Linien gebildet werden und deren Basis ein bestimmter Teil der quadrierten Himmelsfläche ist, meßbar durch die *Zahl* der Quadrate. Das ganze Himmelsgewölbe hat dann 41 253 Quadrate, jedes $= \frac{1}{41253}$ des Himmelsgewölbes. Tritt man weiter von der Öffnung zurück, so wird die Pyramide spitzer, die Zahl der Quadrate kleiner. Diesen von den Seiten der Pyramide eingeschlossenen, durch die Zahl der Quadrate oder besser Quadrat*grade* meßbaren Winkel bezeichnet man als *Raumwinkel*.

Seine Messung geschieht durch ein fein quadriertes Papier, vor welchem eine Linse verschiebbar angebracht ist. Die Brennweite der Linse ist so gewählt, daß ein Quadrat von 2 mm Seitenlänge einem Quadratgrade entspricht. Mit Hilfe der Linse wird ein Bild des zu messenden Himmelsstückes auf dem quadrierten Papier entworfen, und die Anzahl der von dem Himmelsbilde bedeckten Quadrate ausgezählt. Die Zahl der *hellen* kleinen Quadrate gibt also den Raumwinkel für den betreffenden Platz.

Um außerdem den *Neigungswinkel* der Strahlen zu berücksichtigen, ist die Papierplatte drehbar eingerichtet und man neigt dieselbe so lange, bis das helle Bild des Himmelsgewölbes *gleichmäßig* um den Mittelpunkt verteilt ist. Dann liest man an einem seitlich angebrachten Gradmesser den nunmehr eingestellten *mittleren* Neigungswinkel ab. Mit dem Sinus dieses Winkels (α) ist bei vergleichenden Messungen die Zahl der Quadratgrade zu multiplizieren.

Durch eine Reihe von Bestimmungen ist ermittelt, daß die für Lesen und Schreiben erforderliche Helligkeit eines Platzes von 10 Meterkerzen in Rot vorhanden ist, wenn der abgelesene Raumwinkel (ω) bei senkrecht auffallenden Strahlen mindestens 50 *Quadratgrade*, bei anderem Neigungswinkel $\frac{50}{\sin \cdot \alpha}$ umfaßt $\left(\omega \cdot \sin \alpha = 50;\ \omega = \frac{50}{\sin \cdot \alpha}\right)$. Die für die verschiedenen Neigungswinkel erforderlichen Quadratgrade sind auf dem Instrument notiert.

Praktische Nachteile der Messung mit diesem Instrument liegen darin, daß bei unregelmäßigem Horizont (Bäumen) die Bestimmung viel Zeit beansprucht und ungenau wird. Auch durch mehrere lichtgebende Flächen, die einen Platz beeinflussen, wird die Messung kompliziert. Das reflektierte Licht kommt gar nicht zur Messung. Außerdem wird das Bild in mehr oder minder großer Höhe

über dem Platz entworfen. Vor allem bringt aber die Reduktion unter Anwendung eines mittleren Neigungswinkels Ungenauigkeiten mit sich, die allerdings praktisch nicht in Betracht kommen, sobald nur kleine Raumwinkel gemessen werden, wie sie sich gerade bei verdächtigen und deshalb untersuchten Plätzen finden. Dieser Fehler ist vermieden bei:

c) Pleiers Raumwinkelmesser. Die Himmelsfläche wird photographisch auf einer Platte aufgenommen, auf der die Quadratgrade bereits nach ihrem auf senkrechten Einfall reduzierten Werte eingetragen sind. — Die photographische Aufnahme macht die sonst sehr brauchbare Methode zu kompliziert. — Verschiedene Fehler des Raumwinkelmessers werden vermieden bei:

d) Moritz-Webers Raumwinkelmesser. Der Grundgedanke von Moritz ist folgender: Denkt man sich einen Leitstrahl vom Arbeitsplatz aus längs der Grenzlinien des von hier aus sichtbaren

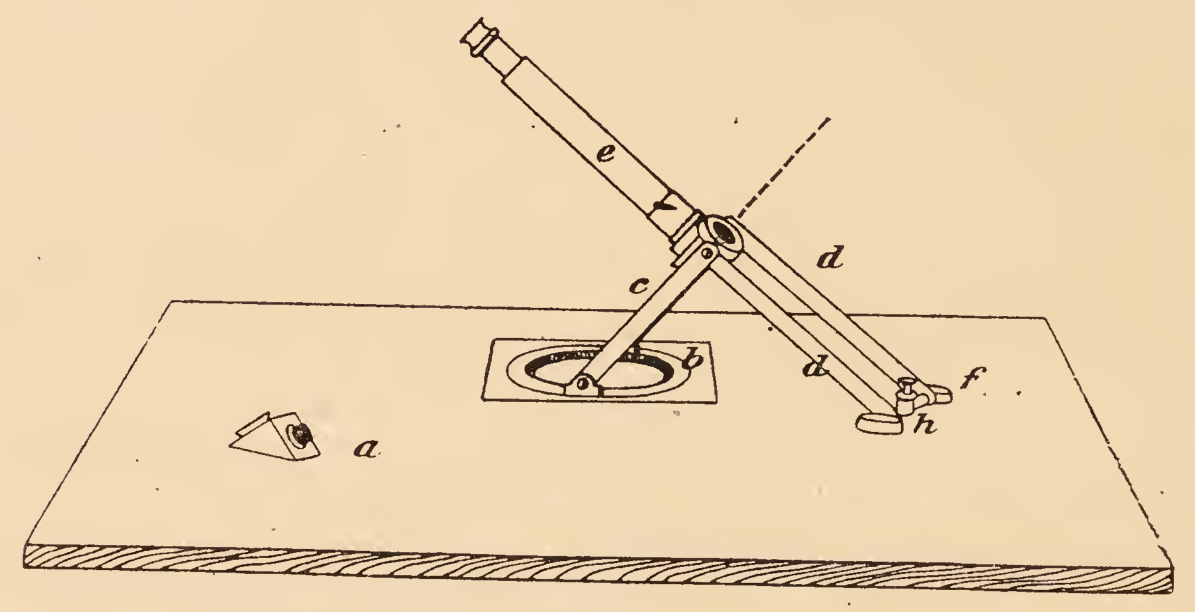


Fig. 84. Moritz-Webers Raumwinkelmesser.
a Grundbrett. *b* drehbarer Ring. *c*, *d* Gestänge. *e* Fernrohr. *f* Knopfstück. *h* Zeichenstift.

Stückes Himmelsgewölbe geführt, und markiert man einen in konstantem Abstand auf diesem Leitstrahl gelegenen Punkt, so wird die Projektion des letzteren auf die Tischebene eine Figur ergeben, welche ein Maß des auf den Einfallswinkel reduzierten Raumwinkels liefert.

Der Apparat (Fig. 84) besteht 1. aus einem Brett (a) mit Rahmen, das mit Millimeterpapier belegt wird. Darauf ist 2. befestigt ein Gestänge c, das in einem in das Brett eingelassenen Ringe b drehbar ist. 3. gehört dazu ein kleines und ein großes Prisma und 4. ein Fernrohr.

Behufs Messung des Raumwinkels wird das Brett horizontal, mit den Längsseiten parallel dem Fenster, auf den Platz gelegt. Man steckt dann das schmale Ende des großen Prismas in den Tubus, der sich zwischen dem Gestänge befindet, und richtet diesen gegen das Fenster. In das weitere Ende steckt man das (nunmehr senkrecht stehende) Fernrohr. Das Licht soll in der punktierten Linie durch das Prisma einfallen und durch dieses in das Fernrohr und ins Auge gelangen. Dann verschiebt man das Gestänge so lange, bis man im Fernrohr den Himmel sieht, und zeichnet, indem man das Fadenkreuz auf der Kontur einstellt und

an dieser entlang führt, mit dem bei h sitzenden Bleistift die Konturen des sichtbaren Himmelsstücks. Die Quadratzentimeter der umrissenen Figur werden ausgezählt. Da die Schienen des Gestänges 8,92 cm lang sind, der Zeichenstift unter völlig freiem Himmel also einen Kreis von 17,84 cm Radius und 1000 qcm Fläche beschreiben würde, ist der Beleuchtungswert des Platzes

$$\omega = \frac{\text{den gezählten qcm}}{1000} \cdot 100,$$

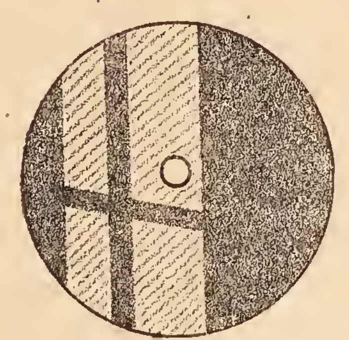
wenn er in Prozenten der vollkommenen Beleuchtung angegeben werden soll. — Man kann sich leicht überzeugen, daß die Lichtöffnungen nahe dem Zenith entsprechend größer gezeichnet werden als die nahe dem Horizont befindlichen, daß der Apparat also den reduzierten Raumwinkel ohne weiteres zum Ausdruck bringt.

Mit dem gleichen Apparat kann auch die Lichtgüte eines Fensters bestimmt werden. Zu dem Zweck steckt man das Fernrohr direkt in den zwischen dem Gestänge sitzenden Tubus und befestigt auf den Okular das kleine Prisma. Nun legt man das Brett an das Fenster an, so daß sich das Loch in der oberen Hälfte befindet. Dann richtet man das Fernrohr gegen die Grenze des Himmels und zeichnet diese auf dem Papier nach.

e) Thorners Beleuchtungsprüfer. Das Bild im Brennpunkt einer Konvexlinse von bestimmter Apertur ist immer gleichhell (z. B. die helle Figur beim Raumwinkelmesser), unabhängig von der Entfernung der Lichtquelle. Zwar besteht außerdem noch eine Abhängigkeit von der Intensität der Lichtquelle, d. h. des Himmelslichts; aber diese ändert sich gleichmäßig mit der zu untersuchenden Platzhelligkeit und stört daher die Vergleichung nicht.

Ein Platz, der von 50 reduzierten Raumwinkelgraden belichtet wird, hat die gleiche Beleuchtung wie ein Platz, der das Licht derselben Himmelsfläche durch eine Konvexlinse von ⅙ Apertur (Quotient aus dem Durchmesser der wirksamen Öffnung und dem Brennwert der Linse) erhält.

Fig. 85.



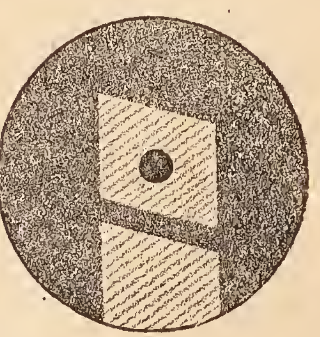


Fig. 86.

In Thorners Instrument (Fig. 85) ist eine solche Linse angebracht, und mit Hilfe eines kleinen Spiegels (e) wirft man auf dem zu untersuchenden Platze

das Bild eines Stücks Himmelsgewölbe auf ein Blatt Papier (a), das im Brennpunkt der Linse liegt. Die dadurch hier entstehende Figur hat normale Helligkeit. — Das Blatt Papier hat aber außerdem ein kleines rundes Loch, und durch dieses sieht man gleichzeitig auf ein Stück weißes Papier (c), das auf dem zu untersuchenden Platze liegt. Erscheint nun der kreisförmige Ausschnitt heller als die umgebende Figur (Fig. 86), so ist der Platz mehr als normal beleuchtet; erscheint er dunkler, so ist er schlechter beleuchtet. — Die Methode leistet insofern nicht soviel wie der Raumwinkelmesser, als sie nur die Prädikate genügend und ungenügend ermittelt, ohne ziffernmäßig den Grad der Abweichung anzugeben. Dafür ist sie sehr einfach; aber die Helligkeit des Platzes wird außer von der Helligkeit des Himmelsstücks, von welchem die Linse das Bild entwirft, auch noch von dem Licht der übrigen vom Platze aus sichtbaren Himmelsfläche und vom Wandlicht beeinflußt, und daher gehen Bild- und Platzhelligkeit häufig nicht parallel, sondern variieren je nach dem Wetter. — Unter der Bezeichnung „Relativphotometer“ hat L. Weber eine Modifikation des Thornerschen Instrumentes beschrieben, die ziffernmäßige Resultate liefert. Die Apertur der Linse kann durch eine Irisblende meßbar verändert werden, so daß sich für jeden Platz die äquivalente Apertur bestimmen läßt; der Haupttubus ist horizontal gelagert, so daß der weißen Probierplatte nicht durch den Apparat und den Kopf des Beobachters Licht fortgenommen wird. — Die dadurch erreichten Vorteile entsprechen aber nicht dem sehr viel höheren Preis des Instruments.

Praktisch wird man am besten so verfahren, daß man zunächst die unter a) bezeichneten Grenzen festlegt und dann die verdächtigen Plätze nach e) prüft. Gibt der Thornersche Apparat ein zweifelhaftes Resultat und werden bestimmte Zahlen für den Grad der Abweichung verlangt, so ist die Methode b) hinzuzufügen.

2. Bestimmung der momentan vorhandenen Helligkeit eines Platzes.

a) Die genauesten Resultate erhält man mit Webers Photometer, das vor anderen Photometern noch den wesentlichen Vorzug besitzt, daß es für jede Art der Beleuchtung, auch bei Tageslicht, verwendbar ist.

In dem einen Arm des Photometers brennt eine regulierbare Benzinflamme, welche ihr Licht auf eine Milchglasplatte f wirft und dieser auf der abgewandten Seite einen bestimmten Grad von Helligkeit verleiht, der zum Vergleich benutzt wird (s. Fig. 87).

Die Milchglasplatte ist gegen die Flamme durch eine Schraube v verschiebbar und die Entfernung beider = r kann an einer außen befindlichen Skala abgelesen werden. Bei gleichbleibender Flamme hängt die Helligkeit der Milchglasplatte von der Distanz zwischen Platte und Flamme ab. In einer gewissen Entfernung beträgt dieselbe 1 MK., bei geringerer Entfernung mehr, bei größerer weniger, und zwar im Quadrat der Entfernung ansteigend bzw. abnehmend.

Mit dieser beliebig abstufbaren bekannten Helligkeit vergleicht man die zu untersuchende Fläche, also z. B. ein Blatt Schreibpapier, das auf den Tisch gelegt

ist. Auf dieses richtet man das andere Rohr des Photometers und sieht in letzteres hinein. Durch Anbringung eines *Lummerschen* Prismas (Fig. 88) fällt in den mittleren Teil des Gesichtsfeldes das Licht nur von der beobachteten weißen Fläche, in den peripheren Teil nur von der leuchtenden Milchglasplatte, so daß zwei konzentrische Kreise entstehen (Fig. 89), die sehr scharf verglichen werden

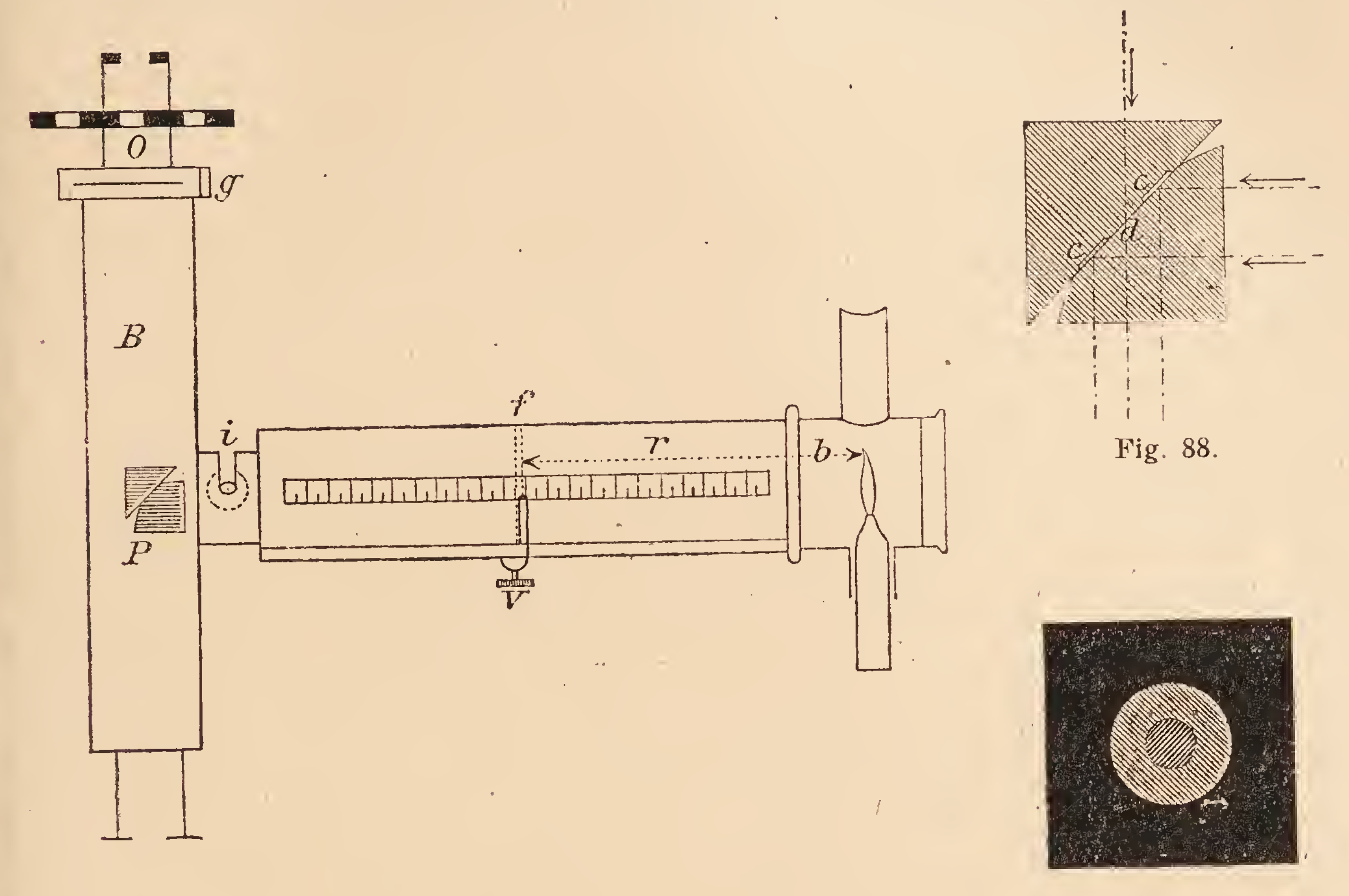


Fig. 88.

Fig. 87.

Fig 89.

können. Man muß dann die Milchglasplatte so weit verschieben, bis völlig *gleiche Helligkeit* im ganzen Gesichtsfeld hergestellt ist. — Die Helligkeitsvergleichung gelingt allerdings nur bei gleicher Farbe des Lichts; bei verschiedenfarbiger Beleuchtung wird nacheinander in rotem und grünem Licht (durch Einschaltung entsprechend gefärbter Gläser) gemessen. Der Wert für Rot muß dann mit einem Faktor k multipliziert werden, der von dem Quotienten $\frac{\text{Grün}}{\text{Rot}}$ abhängig ist und, durch sorgfältige Versuche ein für allemal ermittelt, aus einer dem Photometer beigegebenen Tabelle entnommen werden kann. Für Tageslicht beträgt der Wert von k 2,3—2,5, für Gasglühlicht etwa 1,7.

b) *Wingens Helligkeitsprüfer.* Dem *Weberschen* Photometer nachgebildet, einfacher und erheblicher billiger, aber ungenauer. Durch Abstufung der Flammenhöhe einer Benzinlampe läßt sich auf einem Stück weißen Kartons eine Helligkeit von 10—50 Meterkerzen (5 Stufen) herstellen; ein anderes Stück desselben weißen Kartons liegt auf dem Platze. Durch ein Okular und ein rotes Glas werden beide Kartonflächen gleichzeitig beobachtet, und es wird ermittelt, mit welcher durch die Flamme hervorgerufenen Helligkeitsstufe die Helligkeit des Platzes übereinstimmt. — Eine feiner abstufbare Konstruktion *Wingens* (1—1000 MK.) ist entsprechend teurer, ohne die Zuverlässigkeit des *Weberschen* Photometers zu erreichen.

c) Cohns Lichtprüfer. Cohn nennt seine Methode die „okulistische“ Lichtprüfung. Er bestimmt, wieviel Ziffern einer beigegebenen Tafel in 40 cm Entfernung von einem gesunden Auge an einem Platze in 30 Sekunden gelesen werden, je nachdem ein, zwei oder drei graue Gläser, deren Lichtabsorption bestimmt ist, vor das Auge gebracht werden. Fehlerquellen der Methode liegen darin, daß die Schnelligkeit im Lesen individuell verschieden ist, ferner in dem Einfluß der Ermüdung.

d) Wingens photochemische Methode benutzt zur Feststellung der Beleuchtungsintensität eines Platzes die Schwärzung photographischen Papieres durch Licht. Bei guter Beleuchtung soll eine gewisse Dunkelfärbung des Papiers eintreten. Die Methode ist nicht brauchbar, weil sie nur die chemisch wirksamen Strahlen mißt, deren Verhältnis zu den optisch wirksamen sehr stark wechselt. Außerdem ist das Papier zu wenig empfindlich.

Die praktische Verwendbarkeit sämtlicher Methoden der zweiten Kategorie leidet unter dem Fehler, daß sie die Helligkeit nur für die Beobachtungszeit angeben, daß aber diese Helligkeit je nach dem Bewölkerungszustand, der Luftbeschaffenheit, dem Stande der Sonne usw. enorm stark schwankt; an ein und demselben Platze um das 40—100fache. Um die Brauchbarkeit eines Platzes unter allen Verhältnissen festzustellen, müßte man mit diesen Methoden gerade an dem trübsten Tag und zur trübsten Stunde messen; und nie wird man sicher sein können, daß nicht während der Prüfung selbst die Verhältnisse sich wesentlich geändert haben. Erst oft wiederholte Prüfungen können hier das Resultat einigermaßen sichern. — Das reflektierte Licht wird bei diesen Methoden stets mit gemessen; da es noch stärker schwankt als das direkte Licht, wird die Differenz der einzelnen, zu verschiedener Zeit gemachten Beobachtungen noch erhöht. — Bei künstlicher Beleuchtung sind allerdings nur die Momentanmethoden anwendbar. Außerdem ist das Webersche Photometer überall da indiziert, wo es auf genaue Zahlenwerte ankommt.

B. Künstliche Beleuchtung.

Zur künstlichen Beleuchtung sind — einstweilen abgesehen von der elektrischen Beleuchtung und dem Gasglühlicht — nur Körper geeignet, welche angezündet weiterbrennen; welche zweitens gasförmig sind oder in Gasform übergehen, so daß eine Flamme entstehen kann; und in deren Flamme drittens feste Körper oder dichte Dämpfe ausgeschieden und glühend gemacht werden. Nur auf diesen glühenden Teilchen beruht die Leuchtkraft einer Flamme.

Die Leuchtgase, die entweder präformiert sind oder aus dem Leuchtmaterial, z. B. Ölen, Stearin, Paraffin, unter der Einwirkung der Hitze entstehen, sind wesentlich Kohlenwasserstoffe verschiedenster Art, Äthylen, Azetylen u. a. m.

Die sogenannten schweren Kohlenwasserstoffe scheiden leicht Kohlenstoff ab; dieser ist aber nicht der wesentlich leuchtende Be-

standteil der Flamme, sondern es kommen hierfür hauptsächlich dichte Dämpfe höherer Kohlenwasserstoffe in Betracht.

Werden einer Flamme mehr Kohlenwasserstoffe zugeführt als in der äußersten Zone verbrennen können, oder wird die Luftzufuhr und die Verbrennung beschränkt, so entweichen Kohlenwasserstoffe und es entsteht Rußen der Flamme. So beobachtet man Rußen, wenn bei Bewegungen der Flamme (durch Wind usw.) zeitweise zuviel Material erhitzt wird, oder wenn dasselbe zu leicht schmilzt und in zu großer Masse dem Docht zugeführt wird. Rußende Flammen entstehen auch trotz ruhigen Brennens bei solchem Material, welches auf 6 Teile Kohlenstoff weniger wie 1 Teil Wasserstoff enthält. Kohlenstoffreichere Öle kann man erst dadurch mit nicht rußender Flamme verbrennen, daß man Glaszylinder aufsetzt und eine verstärkte Luftzufuhr herstellt. — Bei sehr starker Luftzufuhr hört das Leuchten der Flamme völlig auf (Bunsenbrenner).

Benutzt werden:

1. Talglichter. Das Material wird sehr leicht flüssig. Die Dochtlänge wechselt stark, die Flamme ist daher in steter zuckender Bewegung und fast immer rußend; infolge der unvollkommenen Verbrennung werden Kohlenwasserstoffe, Kohlenoxydgas, Fettsäuren und Acrolein der Zimmerluft beigemengt.

2. Stearinlichter, aus reiner Stearinsäure hergestellt. Die Verbrennung ist hier viel vollständiger, das Rußen seltener.

3. Paraffinkerzen, aus Destillationsprodukten der Braunkohle und des Torfs gewonnen. Das Paraffin schmilzt leichter als das Stearin; daher müssen dünnere Dochte gewählt werden.

4. Fette Öle, die unter Druck in den Docht eingetrieben werden. Zur vollständigen Verbrennung bedürfen sie großer Luftzufuhr, also des Aufsetzens von Zylindern. Sie werden kaum mehr zu Beleuchtungszwecken gebraucht und sind fast völlig durch die folgenden Materialien verdrängt.

5. Petroleum; kommt in gewissen Erdschichten, in welchen es durch Zersetzung von Pflanzen- und Tierresten entstanden ist, in großen Massen vor.

Das rohe Petroleum wird durch Destillation gereinigt, weil nur einige unter den zahlreichen Kohlenwasserstoffen des Petroleums zur Beleuchtung geeignet sind. Die geeignetsten Öle destillieren bei 150—250°. Sie haben das spezifische Gewicht 0,8 und kommen unter dem Namen „raffiniertes Petroleum" in den Handel. Vielfach werden sie nochmals gereinigt und namentlich von den gefährlichen, niedrig siedenden Kohlenwasserstoffen (Gasolin usw.) möglichst vollständig befreit. Die letzteren verdampfen schon bei gewöhnlicher Temperatur und ihre Dämpfe bilden mit Luft explosive Gemenge.

Gut gereinigtes Petroleum soll in dem beim Brennen stets etwas erwärmten Behälter der Lampe nicht in solchem Maße verdampfen, daß explosive Gasgemenge entstehen können. — Bei der Verbrennung des

Petroleums ist gute Luftzufuhr nötig; daher müssen eingeschnürte Zylinder verwandt werden, die eine innige Berührung der Luft mit der Flamme bewirken. Häufig richtet man jetzt auch im Innern der Flamme eine Luftzufuhr her, so daß die schmale Flamme von beiden Seiten eine ausgedehnte Berührung mit Luft erfährt.

6. Leuchtgas. Aus allen möglichen organischen Stoffen herstellbar, welche Kohlenstoff und Wasserstoff enthalten und beim Erhitzen unter Luftabschluß Kohlenwasserstoffe liefern; am besten geeignet sind bestimmte Sorten Steinkohle. In jedem Falle ist das entstehende Gemenge von Kohlenwasserstoffen von vielen der Beleuchtung hinderlichen Destillationsprodukten zu reinigen.

Schließlich bleibt ein Gemenge übrig, das etwa 5 % schwere Kohlenwasserstoffe enthält, die für die Beleuchtung am wichtigsten sind; ferner 36—60 % leichte Kohlenwasserstoffe (Methan) und 30—50 % Wasserstoff, die z. B. für die Beheizung mit Leuchtgas wesentlich in Betracht kommen; ferner 5—15 % Kohlenoxydgas. Der charakteristische Geruch des Leuchtgases rührt von kleinen Mengen Schwefelkohlenstoff und Naphthalin her. — Das Leuchtgas ist explosiv, wenn es in bestimmtem Verhältnis mit Luft gemengt ist. Explosion erfolgt schon bei 5 % Gasgehalt, am heftigsten bei 10—15 %. Ist weniger als 5 % oder mehr als 25 % Gas vorhanden, so findet keine Explosion statt.

Auch bei der Gasbeleuchtung kommt alles auf die richtige Menge der den Flammen zugeführten Luft an. Bei zuviel Luft findet volle Verbrennung statt und die Flamme leuchtet gar nicht, bei zu wenig Luft entstehen rußende Flammen. Im Gebrauch sind (früher allgemein, jetzt selten mehr) entweder Schnittbrenner, welche breite, dünne Flammen von der Form einer Fledermaus geben; oder Zweilochbrenner, bei welchen zwei gegeneinander geneigte feine Öffnungen einen abgeplatteten Strahl erzeugen, so daß wiederum eine flache Flamme von der Gestalt eines Fischschwanzes entsteht; oder zylindrische Brenner mit schmalem Schlitz oder einer Reihe kleinen Öffnungen versehen, und mit Luftzufuhr von innen und von außen zu beiden Seiten des Flammenzylinders (Argandbrenner). Ein Fischschwanzbrenner verbraucht pro Stunde ca. 108 Liter Gas, ein Schnittbrenner 120—150 Liter, ein Argandbrenner 150—220 Liter.

Durch Destillation von Petroleumrückständen oder Abfallfetten wird in einfacher Weise Öl- oder Fettgas gewonnen, das weißes, ruhiges Licht liefert (Paraffinölgas der Eisenbahnwagen). — Vielfach sucht man durch Einleiten von Dämpfen von Ligroin, Benzin, Naphthalin in das Leuchtgas diesem stärkere Leuchtkraft zu verleihen (Carburieren). — Auch Wassergas (vgl. unter „Heizung“) wird benutzt, indem man es dem durch Destillation gewonnenen Leuchtgas beimischt; oder es werden kammförmig angeordnete Nadeln von Magnesia darin zum Glühen gebracht (Fahnehjelms Glühlicht). Dem kohlenoxydhaltigen, stark giftigen Wassergas müssen riechende Bestandteile absichtlich zugesetzt werden, um etwaige Ausströmungen bemerkbar zu machen.

7. Die älteren Brenner, bei denen die eigene Leuchtkraft des Gases benutzt wurde, sind jetzt vollständig verdrängt durch das Gasglühlicht. Bei diesem wird ein mit seltenen Erden getränktes Gewebe, der Glühstrumpf, in die Flamme des Leuchtgases oder anderer brennender Gase eingehängt und hier ins Glühen gebracht (Auer von Welsbach). Für das Tränken des Glühgewebes kommen die Nitrate von Thor und von Cer besonders in Betracht; ersteres wiegt der Menge nach erheblich vor (98 %), ist aber relativ indifferent und nur der Träger für das Ceroxyd, das nicht mehr als 1—2 % der Masse ausmacht, aber wesentlich beteiligt ist, weil es infolge spezifischer Eigenschaften (Vereinigung von H und O schon bei 350°) leicht in vollste Weißglut von einer 2000° erheblich überschreitenden Temperatur übergeht. Die Leuchtkraft der Glühstrümpfe ist daher eine sehr bedeutende; sie leisten die gleiche Lichtstärke mit einem Sechstel des Gasverbrauchs. — Besondere Helligkeit wird erreicht bei verstärktem Zug (Lukaslicht), Sauerstoffgasgemischen (Nürnberglicht), Preßgas usw.

Die Glühstrümpfe sind auch in der Form des Spiritusglühlichts verwendbar. In den Lampen wird entweder durch eine kleine Heizflamme, die zunächst anzuzünden ist, Vergasung des Spiritus erzielt; nach dem Anzünden muß man etwa drei Minuten warten, bis hinreichend Gas gebildet ist, und dann die den Glühstrumpf durchströmenden Gase anzünden; oder die Vergasung erfolgt ohne Heizflamme durch die vom Brenner fortgeleitete Wärme. Der denaturierte Spiritus brennt geruchlos, abgesehen von der Zeit zwischen Anzünden der Heizflamme und dem der Leuchtflamme. — Auch Petroleumglühlichtlampen sind im Handel

8. Azetylengas; Aërogengas. Das Azetylengas, das eine dem Leuchtgas weit überlegene Leuchtkraft besitzt, wird in größerem Umfang zur Beleuchtung benutzt, seit das Karbid, CaC_2, durch Zusammenschmelzen von CaO und Kohle bei sehr hoher, im elektrischen Ofen zu erreichender Temperatur fabrikmäßig hergestellt werden kann. Karbid gibt bei der Berührung mit Wasser Azetylen nach der Gleichung: $CaC_2 + 2H_2O = Ca(OH)_2 + C_2H_2$. — Zur Gewinnung von Azetylen zur Beleuchtung wird z. B. Karbid durch eine Streuvorrichtung in Wasser eingebracht bzw. umgekehrt. Das Gas wird nur für kleine Anlagen unter geringem Druck verwendet; bei stärkerem Druck ist die Gefahr, daß das Gas (ohne Berührung mit Luft) explodiert, zu sehr gesteigert. Auch zur Erzeugung von Glühlicht benutzbar. — Für kleine Anlagen eignet sich auch Aërogengas und Benoidgas, durch Verdampfung aus flüssigen Kohlenwasserstoffen (Benzindampf mit Luft gemischt) in einfachen Apparaten hergestellt.

9. Elektrisches Licht. Das Bogenlicht wird dadurch

erzeugt, daß 2 Stäbe aus harter Retortenkohle, in denen eine Spannung von etwa 50 Volt liegt, in Berührung gebracht und dann einige Millimeter voneinander entfernt werden. Es geht dann zwischen ihnen ein Lichtbogen über, der aber an der Lichtaussendung nur wenig — etwa zu 5 % — beteiligt ist, während 85 % des Lichtes von der positiven und 10 % von der negativen Kohle ausgestrahlt werden. Da die Kohleteile allmählich abbrennen, müssen sie durch besondere Vorrichtungen (automatische Regulierung nach Hefner) in demselben Maße einander genähert werden, wobei kleinere Schwankungen der Lichtstärke unvermeidlich sind.

Das Glühlicht beruht darauf, daß ein Faden aus schlecht leitendem Material durch den elektrischen Strom auf möglichst helle Glut erhitzt wird. Als Material dienten früher ausschließlich Kohlenfäden (aus gelöster, dann in Fäden gepreßter und verkohlter Zellulose), die, um das Verbrennen zu verhindern, in eine luftleer gemachte Glashülle eingeschlossen wurden. Die Kohlenfadenlampen sind allmählich durch die bei der Anschaffung teuereren, aber viel ökonomischer arbeitenden Metallfadenlampen verdrängt.

Während die Kohlenfadenlampe 3—3,5 Watt für die Kerze verbraucht, braucht die Tantallampe nur 1,5 und die Lampen mit Fäden aus Wolfram nur etwa 1 Watt. Bei der Nernst-Lampe werden, ähnlich wie beim Gasglühlicht, unverbrennliche Substanzen (Stäbchen aus Magnesiumoxyd und Yttriumoxyd) zur Weißglut erhitzt; damit die Stäbchen gute Leiter werden, müssen sie allerdings vorher erwärmt werden; dies geschieht durch eine das Stäbchen umgebende Platinspirale, welche durch den elektrischen Strom zunächst zur Rotglut erhitzt wird.

Vergleichen wir vom hygienischen Standpunkt aus die verschiedenen Beleuchtungsarten, so haben wir zunächst folgende Anforderungen an eine normale künstliche Beleuchtung zu stellen: 1. Die Beleuchtung soll die oben näher präzisierte erforderliche Helligkeit liefern, und zwar gleichmäßig, ohne zu starke Intensitätsschwankungen (Zucken der Flamme). 2. Die Qualität des Lichtes soll dem Auge zusagen. 3. Die Lichtquellen sollen das Auge nicht durch zu starken Glanz schädigen. 4. Die strahlende Wärme der Lichtflamme soll die Bewohner nicht belästigen, und die Wärmeabgabe der Menschen im Wohnraum soll nicht in zu hohem Grade behindert werden. 5. Die Leuchtmaterialien sollen keine gesundheitsschädlichen Verunreinigungen in die Wohnungsluft übergehen lassen. 6. Die Beleuchtung soll keine Explosionsgefahr herbeiführen. 7. Sie soll möglichst billig sein.

1. Die Lichtstärke. Die Lichtintensität der Kerzen ist unbedeutend und keiner Steigerung fähig. Öllampen lieferten früher, und zum Teil auch jetzt noch, in England und Frankreich die Vergleichs-

einheit; eine Carcellampe = 8,95 Vereinskerzen. Petroleumlampen sind an Lichtstärke den Öllampen weit überlegen, namentlich wenn gut raffiniertes Petroleum benutzt wird. Gewöhnliche Lampen geben eine Lichtstärke bis zu 50 oder 60 HK. Besondere Konstruktionen geben bis 110 HK. Lichtstärke. Die älteren Gasflammen lieferten ein Licht von 10—30 HK. Stärke, größere Argandbrenner, Gasglühlicht und Azetylenlicht bis 150 HK. und mehr. Elektrisches Glühlicht liefert 8—32—1000 HK.; eine Bogenlampe mittlerer Größe 450 HK.; große bis 3000 HK. und mehr.

Die Gasbeleuchtung läßt sich steigern durch die Zufuhr vorgewärmter Luft und durch Vorwärmung des Gases; z. B. bei dem Siemensschen Regenerativbrenner. Die Vorwärmung wird dadurch erzeugt, daß die Luft bzw. das Gas in den durch die Flamme erwärmten Teilen der Lampe sich eine Strecke weit fortbewegen muß, um zur Flamme zu gelangen. Diese Lampen haben außerdem gewöhnlich einen sogenannten invertierten Brenner, d. h. aus einem unten an der Lampe befindlichen Ringe strömt das Gas von oben nach unten aus, so daß ein Kranz von Flammen unter diesem Ringe entsteht. Haltbarer und sparsamer sind Lampen mit invertiertem Gasglühlicht.

Für die ausnutzbare Lichtstärke sind die Lampenglocken sehr wesentlich. Diese sollen teils die horizontal in das Auge fallenden Strahlen abhalten, welche uns stark blenden und die Erkennung eines beleuchteten Gegenstandes erschweren, teils sollen sie das Licht auf den Arbeitsplatz reflektieren und konzentrieren. Die Lichtstärke auf dem Arbeitsplatz ist das eigentlich wichtige; eine Helligkeit von 25 Meterkerzen wird von den gewöhnlichen Petroleumlampen bis zu 0,5 m seitlichen Abstand geleistet. — Gasflammen (alte Argandbrenner), welche 0,75 m über dem Tisch hängen, gewähren noch bei 0,5 m seitlicher Distanz mit Milchglasglocken von flacher Trichterform genügendes Licht.

Außer auf die Lichtstärke ist noch auf die Gleichmäßigkeit des Brennens Wert zu legen; zuckendes oder in der Lichtstärke erheblich schwankendes Licht wirkt äußerst belästigend und reizend aufs Auge (z. B. schlechte Bogenlichtanlagen). In dieser Beziehung ist das Auerlicht (Gasglühlicht, Spiritusglühlicht) den Beleuchtungsarten, die frei brennende Flammen benutzen, erheblich überlegen.

2. Lichtqualität. Im Tageslicht finden sich 50 % blaue, 18 % gelbe, 32 % rote Strahlen; alle künstlichen Lichtquellen liefern mehr gelbe und rote Strahlen, und das violette Spektrum ist schwach vertreten; doch ist dies Verhältnis bei den neueren kräftigeren Lichtquellen viel weniger verschoben. Beim elektrischen Bogenlicht ist ein großer Bruchteil violetter und ultravioletter Strahlen vorhanden. Die Sehschärfe ist bei gleichhellem gelbem Licht größer als bei bläulichen; zudem werden durch ultraviolette Strahlen die Augen stark gereizt. Bei inten-

siver Beleuchtung ist dem Auge ein Vorwiegen der roten und gelben Strahlen jedenfalls angenehmer als das übermäßig blauviolette Licht, z. B. des elektrischen Bogenlichts oder der Quecksilberdampflampen.

3. Unter Glanz einer Lichtquelle versteht man die von der Flächeneinheit (1 qcm) ausgehende Helligkeit. Vergleicht man kleine Schnittbrenner, Kerzen und Gasglühlicht, so verhält sich deren Glanz etwa wie 4 : 6 : 30. Elektrisches Glühlicht zeigt noch 10—30fach höheren Glanz, noch weit mehr elektrisches Bogenlicht. — Stark glänzende Lichtquellen dürfen nicht direkt das Auge treffen; sie blenden und reizen das Auge, setzen die Wahrnehmbarkeit anderer Gegenstände herab, können Tränen der Augen und Schmerzempfindung hervorrufen. Glänzende Lichtquellen im Bereich des Auges müssen daher mit dämpfenden Hüllen aus Milchglas und dgl. umgeben werden, die freilich die Lichtstärke erheblich herabsetzen.

4. Wärmeproduktion. Zunächst kommt die Wärmeausstrahlung der Lichtquellen gegenüber der in der Nähe befindlichen Gesichtshaut der Bewohner in Betracht. Gerade beim künstlichen Licht sind viel reichlicher Wärmestrahlen vorhanden (80—90 %) als beim Sonnenlicht (50 %). Die Intensität der Wärmestrahlung darf natürlich nur bei gleicher Lichtstärke verglichen werden. Am günstigsten stellt sich unter den gewöhnlichen Beleuchtungsmitteln das elektrische Glühlicht (Metallfadenlampe); dann folgt in geringem Abstand das Gasglühlicht. Gewöhnliche Gasbrenner geben 5mal, Kerzen 8mal und Petroleumlampen 10mal mehr strahlende Wärme als Gasglühlicht.

Abhilfe gegen die Wärmestrahlung ist nur bei den Lichtquellen erforderlich, die in dieser Beziehung sich ungünstig verhalten, namentlich bei Petroleumlampen. Hier sind die Flammen mit doppeltem Zylinder von Glas oder besser von Glas und Glimmer zu umgeben, so daß die zwischen beiden zirkulierende Luft zur Kühlung des äußeren Zylinders beiträgt.

Die Gesamtwärme, welche von den Lichtquellen geliefert wird, ist häufig so erheblich, daß die Entwärmung der Bewohner dadurch beeinträchtigt wird. In Betracht kommt dabei nicht nur die Temperatur, sondern auch die Wasserdampfmenge, die den Feuchtigkeitsgehalt der Luft und damit die Wasserverdunstung von der Haut beeinflußt. Auch hier ist ein Vergleich verschiedener Lichtquellen nur zulässig bei gleicher Lichtstärke. Nach Rubner ergaben sich folgende Werte:

Bei 100 Kerzen Helligkeit liefern pro Stunde:

	Kalorien	kg Wasser
Elektrisches Bogenlicht	57 Kalorien und	0 kg Wasser
Elektrisches Glühlicht, Kohlenfadenlampe	270 „ „	0 „ „

Elektrisches Glühlicht, Metallfadenlampe	86 Kalorien	und 0	kg Wasser
Gasglühlicht	830 „	„ 0,16	„ „
Leuchtgas, Argandbrenner	5500 „	„ 1,08	„ „
Petroleum, großer Rundbrenner	3080 „	„ 0,37	„ „
Petroleum, kleiner „	4200 „	„ 0,51	„ „
Stearinkerze	7880 „	„ 0,9	„ „

Kerzen verhalten sich also am ungünstigsten. Freilich erreicht man mit diesen tatsächlich nie bedeutende Wärmeeffekte, weil man es stets an dem entsprechenden Lichteffekt fehlen läßt.

Gaslicht ist ungünstiger als elektrisches Licht; aber beim Gaslicht läßt sich die produzierte Wärme zweckmäßig zur Ventilation des Raumes ausnutzen, so daß trotzdem keine stärkere Belästigung durch die Temperaturerhöhung eintritt.

5. Verunreinigung der Luft. Bei Gasbeleuchtungsanlagen kann schon ohne Benutzung derselben infolge von Undichtigkeiten der Leitung die Luft in gefährlicher Weise mit Kohlenoxydgas verunreinigt werden. Undichtigkeiten der Leitung sind stets vorhanden. Hauptsächlich findet die Ausströmung von Leuchtgas im Boden statt, wo durch das allmähliche Einwirken von Feuchtigkeit, Schwefelammonium (Jauche), mechanische Erschütterungen usw. leicht Defekte der Rohre entstehen. Vom Boden kann das ausgeströmte Gas eventuell in die Wohnung gelangen, allerdings nur dann, wenn Undichtigkeiten in den Fundamenten des Hauses vorliegen (vgl. S 102). Durch starke Heizung wird das Eindringen des Gases in die Wohnung begünstigt; in mehreren Fällen von Leuchtgasvergiftungen bewohnten die Erkrankten gerade die am stärksten geheizten Zimmer. Der Geruch des Gases macht sich in solchen Fällen nicht bemerkbar, weil die riechenden Stoffe vom Boden adsorbiert werden. — Auch innerhalb der Wohnung entweichen oft kleine Mengen Gas, die durch genaue Beobachtung der Gasuhr, in noch empfindlicherer Weise durch den Suckowschen Regulator, entdeckt werden können. Stärkere Ausströmungen werden leicht durch den Geruch erkannt; selbst wenn das Gas nur zu 2 % der Luft beigemengt ist, ist der Geruch von jedem, auch wenig empfindlichen Menschen wahrzunehmen. — Mit Rücksicht auf diese Ausströmungsgefahr sind in den Wohnzimmern immer nur kurze, in Schlafzimmern möglichst gar keine Gasleitungen anzulegen. Unbenutzte Leitungen sollten in Wohnungen nicht geduldet werden.

Alle Beleuchtungsmaterialien mit Ausnahme des elektrischen Glühlichts verunreinigen ferner die Luft durch die Verbrennungsprodukte, welche bei ihrer Verwendung zur Beleuchtung entstehen. Vor allem werden Kohlensäure und Wasserdampf gebildet. Eine helle Pe-

troleumlampe liefert die zirka zwölffache Menge Kohlensäure wie ein Mensch, dazu etwa die achtfache Menge von Wärme und Wasserdampf. Wie aus der vorstehenden und nachfolgenden Tabelle hervorgeht, verhält sich elektrisches Glühlicht und Gasglühlicht am günstigsten. Petroleum und Gas stehen sich ziemlich gleich. Kerzen sind auch bezüglich der Kohlensäure am günstigsten.

Bei 100 Kerzen Helligkeit liefert Kohlensäure pro Stunde:

Elektrisches Bogenlicht	Spur
Elektrisches Glühlicht	0
Gasglühlicht	0,17 kg
Leuchtgas, Argandbrenner	1,13 „
Petroleum, großer Rundbrenner	0,87 „
Petroleum, kleiner „	1,19 „
Stearinkerze	2,44 „

Nicht selten kommen dazu noch Produkte der unvollständigen Verbrennung; kleine Mengen von Kohlenoxydgas lassen sich fast stets in künstlich erleuchteten Räumen nachweisen. Eine starke Steigerung tritt bei schlechtem, rußendem Brennen der Flamme ein, wobei sich namentlich viel Kohlenoxydgas und Akrolein entwickelt. Bei Gasbeleuchtung entsteht weit mehr schweflige Säure und Schwefelsäure als bei den übrigen Beleuchtungsmitteln; bei Gasbeleuchtung, besonders aber bei Kerzenbeleuchtung treten ferner meßbare Mengen von salpetriger Säure auf, gegen die manche Menschen besonders empfindlich zu sein scheinen und welche Papier (Bücher) rascher vergilben lassen.

6. Explosions- und Feuersgefahr. Bei Kerzen, Ölen, elektrischem Licht ist keinerlei Explosionsgefahr vorhanden. Bei Petroleum kann sie durch die Kontrolle des „Entflammungspunkts“ vermieden werden, d. h. derjenigen Temperatur, bei welcher sich flammbare Gase entwickeln. Nach deutschem Gesetz soll dieser Punkt nicht unter 21 ° (in Österreich 30 °) liegen, während die Anzündung und ein Verbrennen der Masse erst bei 43,3 ° eintreten soll. Die Kontrolle geschieht mittels des Abelschen Petrolumprüfers. — Nur bei schlechter Lampenkonstruktion, z. B. bei metallenen Behältern, die sich auf über 30 ° erhitzen, oder z. B. dann, wenn eine Hängelampe von einer darunter angebrachten Tischlampe erhitzt wird, kann es jetzt noch eventuell zur Explosion kommen; ferner beim Auslöschen, wenn im Gefäß sehr wenig flüssiges Petroleum mehr vorhanden, aber viel Dampf angesammelt ist. Seit eine regelmäßige Petroleumprüfung eingeführt ist, geschehen Explosionen fast nur bei mißbräuchlicher Anwendung desselben, z. B. beim Eingießen in Feuer usw.

Durch Leuchtgas entsteht Explosionsgefahr, sobald infolge von Undichtigkeiten der Leitung, infolge falscher Stellung der Hähne oder

verlöschender Flammen Gas ausgeströmt ist und das Gemenge von Luft und Gas mit einer Flamme in Berührung kommt. Im ganzen gewährt allerdings der charakteristische Geruch das Gases einigermaßen Schutz, da 0,2 % Beimengung bereits durch den Geruch sicher erkannt wird, aber erst ein Gehalt von 5 % Leuchtgas explosiv ist. Zu beachten ist daher, daß Zimmer, in welchen über Nacht unbemerkt Gas ausströmen konnte, am Morgen nicht mit Licht betreten werden. Bei Gasgeruch sind sofort die Fenster zu öffnen, um eine unschädliche Verdünnung herzustellen. Von Wichtigkeit ist, daß nicht mehrere Flammen in einem Zimmer über Nacht brennen bleiben, da alsdann die eine verlöschen, die andere aber zur Anzündung des explosiven Gasgemisches dienen könnte. — Außerdem soll sich ausgeströmtes Gas an staubförmigen Körpern (Mehlstaub) kondensieren und zu den sogenannten Staubexplosionen Anlaß geben können.

Übrigens lassen sich an Gasbrennern Sicherheitsvorrichtungen anbringen, die z. B. aus einem mit dem Hahn verbundenen langen und schweren Hebelarm bestehen, welcher bei brennender Flamme auf einer Unterlage ruht, dem aber beim Erlöschen der Flamme und beim Erkalten des Metalls die Unterlage entzogen wird, so daß der Arm herabfällt und den Hahn schließt (Brenner der Brutschränke).

7 Preis. Die Preisverhältnisse ergeben sich aus folgenden Tabellen; in der zweiten sind die Preise (1914) auf einheitlichen Konsum und einheitliche Leuchtkraft bezogen. Kerzenlicht stellt sich bei gleicher Lichtstärke mindestens 30mal so teuer wie Petroleum- oder Spiritusglühlicht.

Lichtquelle	Helligkeit in HK.	Stündlicher Verbrauch	Stündliche Kosten (Pf.) (1 Kilowattstunde 40 Pf., 1 cbm Gas 13 Pf., 1 Liter Petroleum 20 Pf.)
Leuchtgas, Schnittbrenner . . .	30	400 Lit. Gas	5,2
„ Rundbrenner	20	200 „ „	2,6
„ Glühlicht	80	120 „ „	1,56
Spiritusglühlicht.	30	0,057 Lit. Spir.	2,0
Petroleum	30	0,08 Lit Petr.	1,6
„ Glühlicht	40	0,05 „ „	1,0
Azetylen	60	36 Lit. Azet.	3,6
Elektrisches Glühlicht, Kohlenfadenlampe	16	48 Watt	1,92
Elektrisches Glühlicht, Metallfadenlampe	16	16 „	0,64
Elektrisches Bogenlicht	600	300 „	12,0
Nernstlicht.	25	38 „	1,5
Lukaslicht	411	630 Lit. Gas	8,2

Für die Erzeugung von 100 Kerzen Helligkeit betrugen die Kosten 1914 pro Stunde:

Elektr. Glühlicht		Gas, Lukaslicht	2,0 Pf.
Kohlenfadenlicht . .	12,0 Pf.	Azetylengas	6,0 „
Metallfadenlicht . . .	4,0 „	„ Glühlicht . .	3,0 „
Elektr. Bogenlicht . . .	2,0 „	Spiritusglühlicht . . .	6,7 „
„ Nernstlicht . . .	6,0 „	Petroleum	5,3 „
Gas, Auerlicht	2,0 „	Petroleumglühlicht . .	2,5 „

Vom hygienischen Standpunkt aus erscheint die elektrische Beleuchtung als die günstigste; und zwar für die Wohnung Glühlicht, das mit matten Gläsern ausreichend abgeblendet ist (nur ist wegen der Möglichkeit von Betriebsstörungen auf eine Reserve von Gas schwer zu verzichten); demnächst Gasglühlicht bzw. die anderen Arten von Glühlicht. — Über die sog. „indirekte Beleuchtung“ s. im Kapitel „Schulen“.

Literatur: Foerster, Vierteljahrsschr. f. öff. Ges. 1884. — H. Cohn, Lehrb. der Hygiene des Auges. Wien 1892. — Derselbe, Über den Beleuchtungswert der Lampenglocken, Wiesbaden 1885. — Schmidt und Haensch (Optische Werkstätten Berlin S), Beschreibung und Anleitung zum Gebrauch von L. Webers Photometer. — Weber, Beschreibung eines Raumwinkelmessers, Zeitschr. f. Instrumentenkunde, Oktober 1884. — Wingen, Das Schulhaus, 3. Jahrgang, Nr. 1. — Reichenbach, Gotschlich, Wolpert, Klinisches Jahrbuch 1902. — Thorner, Hygienische Rundschau 1903. — Weber, Schrift d. Naturw. Ver. f. Schleswig-Holstein. Bd. 14. — Pleier, Zeitschr. f. Schulgesundheitspflege, Bd. 24. — Moritz, Klin. Jahrb. Bd. 14, 1905. — Franz, Z. f. Hyg. u. Inf. Bd. 68 und Bd. 78. — Reichenbach, Bertelsmann, Kuhlmann, Beleuchtung in Weyls Handbuch, 2. Auflage, 1913.

VII. Entfernung der Abfallstoffe.

Schon von alters her sehen wir in den großen Städten besondere Einrichtungen zur Entfernung der Abfallstoffe (Babylon, Rom). Je mehr und schneller in der Neuzeit die Städte anwachsen, um so allgemeiner wird das Bedürfnis nach solchen Maßregeln, und im Laufe der letzten Jahrzehnte ist die Frage der Städtereinigung vielfach in den Vordergrund der kommunal-hygienischen Interessen getreten.

Über die zweckmäßigste Art und Weise der Entfernung der Abfallstoffe gehen die Meinungen weit auseinander, weil sehr verschiedene Interessen und Gesichtspunkte dabei konkurrieren: teils das ästhetische Bedürfnis und das angeborene bzw. anerzogene Ekelgefühl gegen die übelriechenden Abgänge; teils sanitäre Momente; teils die Kosten für die Fortschaffung, teils auch landwirtschaftliche und nationalökonomische Inter-

essen. Die erstgenannten Gesichtspunkte erheischen eine möglichst rasche Entfernung der Abfallstoffe auf irgendeinem Wege, während die Landwirte die Abfallstoffe vorzugsweise als wertvollen Dünger betrachten, der unter allen Umständen unseren Feldern erhalten werden muß.

Der Hygieniker wird unbedingt daran festhalten müssen, daß die sanitären Gesichtspunkte in erste Linie gestellt werden; demnächst ist dem ästhetischen Bedürfnis Rechnung zu tragen, drittens sind die Kosten zu berücksichtigen; und schließlich wird zu erwägen sein, ob ohne Schädigung der vorgenannten Interessen der Landwirtschaft Konzessionen gemacht werden können.

Zunächst muß die Beschaffenheit der Abfallstoffe und die Art und Weise, wie diese eine Schädigung der Gesundheit veranlassen können, dargelegt werden; sodann sind die verschiedenen Methoden zur Entfernung der Abfallstoffe darauf zu prüfen, inwieweit sie den hygienischen Anforderungen entsprechen.

A. Die Beschaffenheit der Abfallstoffe.

Zu den Abfallstoffen rechnet man a) die menschlichen Exkremente; b) die Exkremente der Haustiere; c) das Hauswasser, bestehend aus dem Abwasser der Küche, dem zur Reinigung des Hauses, der Wäsche und des Körpers verwendeten Wasser; d) Abwässer von Schlachthäusern, Fabriken und industriellen Etablissements; e) den Hauskehricht, die Asche usw.; f) das von Dächern, Straßen, Höfen sich sammelnde Regenwasser; g) den Straßenkehricht; h) die Tierkadaver.

Pro Mensch und Jahr sind ungefähr 46 kg Kot, 400 kg Harn, 110 kg feste Küchenabfälle und Kehricht, 36 000 kg Küchen- und Waschwasser in Ansatz zu bringen. — Feste Bestandteile werden im Hauswasser im Mittel 100 g pro Kopf und Tag geliefert; in Harn und Fäzes außerdem 80 g.

Alle diese Abfallstoffe enthalten:

1. Mineralische Stoffe, Kochsalz, Kaliumphosphat, Erdsalze. Die Fäzes haben einen Gehalt von 3,5 % an Phosphaten, der Harn 0,5 %. — Manche gewerbliche Abwässer führen mineralische Gifte, wie Blei, Arsen (s. S 123).

2. Organische, zum Teil stickstoffhaltige Substanzen. Speziell in den Fäzes finden sich 2,2 % Stickstoff, im Harn 1,4 % N. Große Mengen organischer Stoffe führen auch die Küchenabwässer, ferner die Abwässer aus Schlachthäusern, Gerbereien, Stärke- und Zuckerfabriken, Wollwäschereien usw. (s. Kap. IX). — Fett rechnet man im Mittel 170 g pro 1 cbm Abwasser.

3. Saprophytische Bakterien finden in den organischen und anorganischen Stoffen der Abwässer ein ausgezeichnetes Nährmittel, vermehren sich massenhaft und bewirken lebhafte Zersetzung der organischen Stoffe, d. h. Gärung- und Fäulnisvorgänge. Besonders disponiert zu intensiver Fäulnis sind Mischungen von Harn und Fäzes, die Küchenwässer und die an organischem Material reichen gewerblichen Abwässer. Art und Menge der dabei auftretenden Produkte wechselt je nach den vorherrschenden Bakterien und nach den für diese vorhandenen Lebens- und Ernährungsbedingungen. — Aus Mischungen von Harn und Fäzes pflegt schon bei relativ niederer Temperatur nach zwei Monaten die Hälfte des Stickstoffs teils als Ammoniumkarbonat, teils und vorwiegend in Form von gasförmigem Stickstoff verflüchtigt zu sein.

4. Pathogene Bakterien. Eiterkokken, die Erreger des malignen Ödems und des Tetanus, sind in den Abfallstoffen äußerst verbreitet; gelegentlich kommen auch Tuberkelbazillen, Pneumonie-, Diphtherie-, Typhus-, Cholerabazillen, Ruhrkeime u. a. m. vor. Selten, und dann wohl nur an schwimmenden Partikelchen fester Substanz, tritt eine nachträgliche Vermehrung dieser Bakterien ein. Schon die Art der Nährstoffe und die relativ niedrige Temperatur pflegt ihrer Entwickelung nicht günstig zu sein; vor allem aber wirken die ungeheuren Massen von stets vorhandenen Saprophyten teils durch Nährstoffentziehung, teils durch schädigende Stoffwechselprodukte hemmend auf die Entwickelung der Krankheitserreger. Resistentere Arten können jedoch Wochen und Monate in den Abfallstoffen konserviert werden.

Vielfach kommt in den Abwässern eine außerordentlich starke Verdünnung etwaiger Infektionsquellen zustande. Je hochgradiger diese Verdünnung ist und je rascher sie erfolgt, um so unschädlicher werden die betreffenden Abwässer sein.

Irrtümlicherweise hat man früher angenommen, daß die pathogenen Bakterien vorzugsweise in den menschlichen Exkrementen enthalten seien. — In den Fäzes finden sich allerdings gelegentlich Cholera-, Typhus-, Ruhrkeime und die Erreger anderer infektiöser Darmkrankheiten; im Harn kommen Eiterkokken, Milzbrandbazillen, Typhusbazillen usw. vor. Die Hauswässer pflegen aber dieselben Bakterien zu enthalten, da gerade der Inhalt der von den Kranken benutzten Geschirre entweder ganz in die Ausgüsse für das Küchenwasser gelangt oder wenigstens teilweise bei der Reinigung der Geschirre. Daneben kommen in das Hauswasser beim Reinigen der Spucknäpfe, der Wäsche, der Krankenzimmer usw. noch Tuberkel-, Pneumonie-, Diphtheriebazillen, Eiterkokken, die Erreger der Exantheme usw. — kurz, ziemlich alles, was es von Infektionserregern gibt. Die Hauswässer sind also mindestens als ebenso gefährlich wie die Fäkalien anzusehen.

Gelegentlich können auch die Abwässer aus Schlächtereien, sowie aus solchen Gewerbebetrieben, welche Lumpen, Felle, Haare oder tierische Abfälle verarbeiten, infektiöse Bakterien aufnehmen.

In den Stubenkehricht gelangen zwar auch Tuberkelbazillen, Staphylokokken, die Erreger der akuten Exantheme u. a. m. mit dem Staub der Krankenzimmer. Aber die meisten dieser Keime sind durch das Austrocknen geschwächt und werden so verdünnt, daß die vom Kehricht ausgehende Infektionsgefahr relativ gering ist.

Die Regenwässer und der Straßenkehricht enthalten nur selten zahlreichere Infektionserreger. Sie werden namentlich dann Berücksichtigung erheischen, wenn von engen Höfen und Straßen aufgehäufte Massen von Abfallstoffen aus einer der vorgenannten Kategorien abgekehrt oder abgeschwemmt werden.

B. Gesundheitsschädigungen durch die Abfallstoffe.

Die Gefahren der Abfallstoffe bestehen

1. darin, daß sie infolge der in ihnen ablaufenden Fäulnisvorgänge gasförmige Verunreinigungen in die Luft liefern.

Bei unzweckmäßigen Abort- und Kanalanlagen findet namentlich in der Heizperiode ein lebhaftes Einströmen von Luft aus Jauchegruben ins Wohnhaus statt; direkte Bestimmungen ergaben in 24 Stunden eine Förderung bis zu 200—1200 cbm Luft, die reichliche Mengen Jauchegase (flüchtige Fettsäuren, Ammoniak, Schwefelwassersoff) enthielt. — Im Freien wird die Luft durch offene Kanäle, Fäkaldepots usw. in hohem Grade verunreinigt.

Die Bedeutung dieser Luftverunreinigung ist S. 77 dargelegt. Eine toxische Wirkung der Jauchegase wird nur beim Grubenräumen, in nicht ventilierten Kanälen oder bei völlig vernachlässigten Abortanlagen beobachtet. Für gewöhnlich ist die Konzentration der giftigen Jauchegase in der Wohnungsluft zu gering um Vergiftungserscheinungen auszulösen.

Keinesfalls sind die gasförmigen Produkte der Abfallstoffe imstande, Infektionen hervorzurufen. Fälschlicherweise wird allerdings gerade in diesen Emanationen vielfach noch die eigentliche Gefahr der Abfallstoffe gesehen. Riechende Abort- oder Kanalgase werden von manchen Ärzten und Laien, namentlich in England, in kritikloser Weise und unter Ignorierung der neueren Forschungsresultate als Ursache von Typhus, Diphtherie, Erysipel, Puerperalfieber usw. angeschuldigt Derartige Anschauungen sind völlig unberechtigt.

Dagegen rufen die von den Abfallstoffen herrührenden übelriechenden Gase in ausgesprochener Weise Ekelgefühl hervor und sind außerdem

nicht selten das Zeichen einer mangelhaften Reinlichkeit und insofern Symptom einer gewissen Infektionsgefahr.

2. Die Abfallstoffe liefern eine große Menge organischer, fäulnisfähiger Stoffe, und eventuell mineralische Gifte in den Boden in das Grundwasser bzw. in die Flüsse.

Wird das Grundwasser oder Flußwasser als Trink- oder Brauchwasser benutzt, so können die hineingelangten organischen Abfallstoffe die Benutzbarkeit desselben hindern, weil es alsdann nicht mehr den S. 120 aufgestellten Anforderungen bezüglich der Appetitlichkeit, Klarheit, Geruchlosigkeit usw. entspricht.

Ferner kann ein Boden so stark mit Abfallstoffen imprägniert werden, daß er zu üblen Gerüchen Anlaß gibt und daß wiederum das in seiner Tiefe befindliche Grundwasser stark verunreinigt wird.

3. Die Abfallstoffe vermitteln die Verbreitung von Infektionserregern. Die Ausbreitung kann namentlich erfolgen, wenn innerhalb der Wohnung bzw. in der Nähe derselben sich leicht zugängliche Lager von Abfallstoffen vorfinden (verschmutzte Höfe, offene Rinnsteine usw.). Die Übertragung kann dann in der verschiedensten Weise, durch Menschen (namentlich spielende Kinder), Insekten, Luftströmungen, Gerätschaften, Haustiere usw. geschehen. — Gelegentlich wird die Ausbreitung auch von der weiteren Umgebung der Wohnung aus vermittelt: von gedüngtem Gemüseland aus; durch Abwässer, die in Brunnen gelangen; durch offene Straßenrinnsteine; oder durch Bäche und Flüsse, die einerseits Abfallstoffe aufnehmen, andererseits zum Trinken oder Baden dienen.

Bestehen Einrichtungen, um alle Abfallstoffe möglichst schnell aus der Wohnung und dem Bereich der Menschen fortzuschaffen oder sehr stark zu verdünnen, so sinkt die Möglichkeit einer Infektion durch Abfallstoffe auf ein geringstes Maß (s. S. 412).

Für Typhus, Cholera, Ruhr usw. wird durch solche Einrichtungen zur Entfernung der Abfallstoffe ein großer Teil aller in Betracht kommender Infektionsquellen beseitigt und ihre gesamte Verbreitung wesentlich gehindert. Für viele andere Krankheiten, die hauptsächlich durch unmittelbaren persönlichen Verkehr (Tröpfcheninfektion!) verbreitet werden, z. B. die akuten Exantheme, Phthise, Influenza, Keuchhusten usw., stellt die Verbreitung der Erreger durch die Abfallstoffe einen selten betretenen Weg dar, und hier werden daher die Infektionen kaum merkbar reduziert, wenn beste Anlagen zur sogenannten Städtereinigung bestehen.

Auf Grund vorstehender Erörterungen wird von einem zweckentsprechenden System zur Entfernung der Abfallstoffe folgendes zu verlangen sein:

1. In *erster* Linie müssen die Abfallstoffe so schnell und vollständig wie möglich aus den menschlichen Wohnungen und aus dem Bereich empfänglicher Menschen entfernt werden, bzw. es muß ihnen durch Abtötung der Bakterien die Infektionsgefahr genommen und durch besondere Vorkehrungen die Verbreitung übler Gerüche unmöglich gemacht werden.

2. *Nachdem* dieser wichtigsten hygienischen Forderung genügt ist, ist darauf zu achten, daß die Abfallstoffe *außerhalb* der Wohnstätten nicht unverändert in Flüsse oder auf Bodenflächen u. dgl. gelangen, von denen aus Kommunikationen mit zahlreicheren Menschen bestehen, sondern erst nach solcher Vorbehandlung, daß keine Infektionsgefahr und keine Geruchsbelästigung mehr durch sie verursacht wird. Auch ist beim Einlaß in Wasserläufe zu berücksichtigen, ob etwa die Fischzucht durch die Abwässer Schaden leidet.

3. Sollen unästhetische Eindrücke tunlichst vermieden werden.

4. Unter den Systemen, welche vorstehende Bedingungen erfüllen, ist das billigste das empfehlenswerteste.

5. Bei sonstiger Gleichwertigkeit ist einem Verfahren, welches eine landwirtschaftliche Verwertung der Abfallstoffe gestattet, der Vorzug zu geben.

C. Die einzelnen Systeme zur Entfernung der Abfallstoffe.

Man unterscheidet: 1. Systeme, welche mit lokalen Sammelstätten ohne unterirdische Kanäle arbeiten und vorzugsweise die Fäkalien beseitigen, sogenannte *Abfuhrsysteme*: Grubensystem, das Tonnensystem und die Abfuhr mit Präparation der Fäkalien. Sie waren früher auch in größern Städten verbreitet, finden sich aber jetzt namentlich wegen der mangelhaften Berücksichtigung der *Abwässer* nur noch in ländlichen und kleineren städtischen Gemeinden.

2. Einrichtungen, bei welchen die Fäkalien oder die sämtlichen Abwässer durch ein *unterirdisches Kanalnetz* gemeinsam für größere Komplexe von Häusern fortgeschafft werden, *Kanalsysteme*; zu letzteren gehört die *Schwemmkanalisation* und die sogegenannten *Separations-* oder *Trennungs*systeme. — Kehricht und Tierkadaver werden bei allen Systemen gesondert behandelt.

1. Abfuhrsysteme.

Das Grubensystem.

Die Fäkalien werden in einer nahe am Hause gelegenen Grube gesammelt und von dort zeitweise abgefahren. Für die Anlage und Konstruktion der Gruben bestehen besondere Vorschriften.

Die Gruben sollen höchstens 2—5 cbm Inhalt haben, ferner in einem Abstand von mindestens 15 m vom Brunnen angelegt werden und durch eine besondere Mauer und Lehmschicht von der Fundamentmauer des Hauses getrennt sein. Sind die Gruben durchlässig, so erfolgt leicht eine Übersättigung des Bodens mit Abfallstoffen, die zur Entwickelung fauliger Gerüche führt. Die Gruben sollen ferner wasser- und luftdicht gedeckt sein; am besten mit einer Eisenplatte oder mit Bretterlage und darüber mit einer starken Lehmschicht. — Das Fallrohr soll aus einem innen sehr glatten, undurchlässigen Material, z. B. aus glasiertem Eisen bestehen. Kommen Abzweigungen vor, so sollen Seiten- und Hauptrohr höchstens einen Winkel von 25—28° bilden. — Der Querschnitt soll eiförmig, die Hinterwand des Sitztrichters vertikal und etwas zurückweichend, die Vorderseite stark geneigt und keinesfalls bauchig sein.

Wenn die Grube undicht gedeckt oder mit sogenanntem Dunstrohr versehen ist, pflegen sich regelmäßig starke Strömungen von Abortgasen in das Haus hinein herzustellen. Es muß daher versucht werden, die Gase durch einen Schlot über Dach zu leiten.

Von Pettenkofer ist empfohlen, das Fallrohr, ohne den Querschnitt zu verengern, bis über das Dach hinaufzuführen und dort mit Aspirationsaufsatz zu versehen. Soviel als möglich wird es während seines ganzen Verlaufs an einen Küchenkamin angelegt, von welchem es durch eine eiserne Platte geschieden ist; oder es werden in der oberen Verlängerung des Rohres Gasflammen angebracht. Die Sitzöffnung soll für gewöhnlich bedeckt sein. Es stellt sich dann geradezu eine Art Vakuum her, so daß die Luft kräftig in den Sitz hinein- und zum Dache herausströmt, sobald der Deckel abgenommen wird.

Nach d'Arcet soll ein besonderes Ventilationsrohr von der Grube aus über Dach geführt und an einen Küchenschornstein angelehnt bzw. durch Gas erwärmt werden. Die Sitze sollen beständig offen bleiben und ein fortwährender Luftstrom soll durch letztere hinab in die Grube und von da durch das Ventilationsrohr zum Dache hinaus unterhalten werden.

Von Zeit zu Zeit müssen die Gruben geräumt werden. Damit hierbei nicht Belästigung durch Gerüche eintritt, sind Apparate in Aufnahme gekommen, mittels welcher der Grubeninhalt in einen luftleer gemachten Kessel aspiriert und in diesem abgefahren wird, während die Grubengase durch die Feuerung der Lokomobile geführt werden.

Das Urteil über den hygienischen Wert des Grubensystems richtet sich ganz nach der Art der Ausführung desselben.

Erfolgt die Konstruktion der Grube, die Ventilation des Fallrohrs und die Räumung nach den oben gegebenen Vorschriften, ist für die Abwässerbeseitigung besonders gesorgt und wird das Grundwasser nicht zur Wasserversorgung benutzt, so ist vom hygienischen Standpunkt kaum ein Einwand zu erheben, und die Infektionsgefahr ist gering, da keine stärkere Gelegenheit zur Verbreitung von Infektionserregern gegeben ist, auch nicht durch die Luft des Wohnhauses, weil der Inhalt der Grube und des Fallrohrs keine staubtrockene Beschaffen-

heit annimmt. Dabei ist das Grubensystem relativ billig, trägt den Forderungen der Landwirte Rechnung und entspricht nur unserem ästhetischen Bedürfnis nicht so gut wie einige andere Systeme.

Allerdings muß das Grubensystem vollständig verworfen werden, wenn die oben begründeten Vorschriften für die Konstruktionen und den Betrieb der Gruben nicht eingehalten werden, wie es in kleinen Städten oft der Fall ist. — Der abgefahrene Grubeninhalt wird meist in den nächsten Umgebung direkt als Dünger verwendet. Ein Transport auf weitere Strecken mit der Eisenbahn rentiert sich nur in großen, etwa 3 cbm fassenden Behältern, in welche die kleineren Behälter umgefüllt werden müssen. Verarbeitung zu Poudrette ist oft versucht, aber bisher nie rentabel befunden.

Das Tonnensystem.

Statt der Aufsammlung der Fäkalien in Gruben hat man es für empfehlenswerter gehalten, in einem oberirdischen, gut zugänglichen Raume kleine, leicht transportable Behälter aufzustellen und diese häufig (an jedem dritten bis achten Tage) zu wechseln, d. h. den vollen Behälter nach einem Depot fortzuschaffen und dort zu entleeren, und statt dessen einen anderen einzustellen.

Die Tonnen stehen zu ebener Erde, in kleinen, gut gemauerten und mit wasserdichtem Fußboden (Zement, Asphalt) versehenen Kammern, die durch eine Tür von außen zugänglich sind; bei alten Gebäuden auch wohl in den alten Gruben, doch ist dann der Transport der Fässer schwierig.

Die Behälter, sogenannte „Heidelberger Tonnen", sind gewöhnlich stehende Zylinder aus verzinntem Eisenblech von 105—110 Liter, selten 300 Liter Inhalt. — Die Fallrohre sollen möglichst dicht in die Tonnen eingefügt sein; dazu dient ein doppelter gußeiserner Ring, zwischen welchen das Ende des Fallrohrs paßt. — An den Seiten befinden sich Henkel, unter die sich bequem Tragen oder zweirädrige Karren unterschieben lassen.

Ventilation der Kübel erfolgt dadurch, daß das Fallrohr über Dach verlängert und dort mit Aspirationsaufsatz versehen wird (Fig. 90).

Außerdem ist bei den Heidelberger Tonnen ein Syphon angebracht, ein gebogenes Eisenrohr, das sich mit frischen Fäkalien füllt, aber den Aufstieg von Gasen aus der Tonne hindert. Damit der Syphon sich nicht verstopft, ist eine bewegliche Zunge vorgesehen, die von außen durch Kurbel bewegt werden kann. Jede Tonne hat einen Überlauf, der in einen vorgestellten Eimer führt (s. Fig. 91).

Die abgefahrenen Tonnen können in kleineren Städten und im Sommer gleich auf den Feldern entleert werden. In großen Städten müssen Fäkaldepots angelegt oder der Inhalt muß zu Poudrette verarbeitet werden.

Das Tonnensystem wird vielfach als hygienisch dem Grubensystem überlegen hingestellt, weil den frischen Fäkalien nur ein kurzer Aufenthalt im Hause gestattet wird und von diesen keine Infektionsgefahr ausgehen soll; namentlich aber deshalb, weil beim Tonnensystem der Boden ganz frei von organischer Substanz gehalten und damit angeblich

ungeeignet für die Ausbreitung von Epidemien gemacht wird. — Diese Anschauungen sind indes als in jeder Beziehung unrichtig erwiesen. Gerade die frischen Fäkalien sind besonders infektionsverdächtig und verlangen vorsichtigste Behandlung; und die Verunreinigung der tieferen Bodenschichten hat nach unseren heutigen Anschauungen keinen Einfluß auf die Entstehung und Ausbreitung von Epidemien.

Für ausgedehnteren Betrieb in größeren Städten ist daher das Tonnensystem ungeeignet. Verwendbar ist es höchstens für kleine Städte

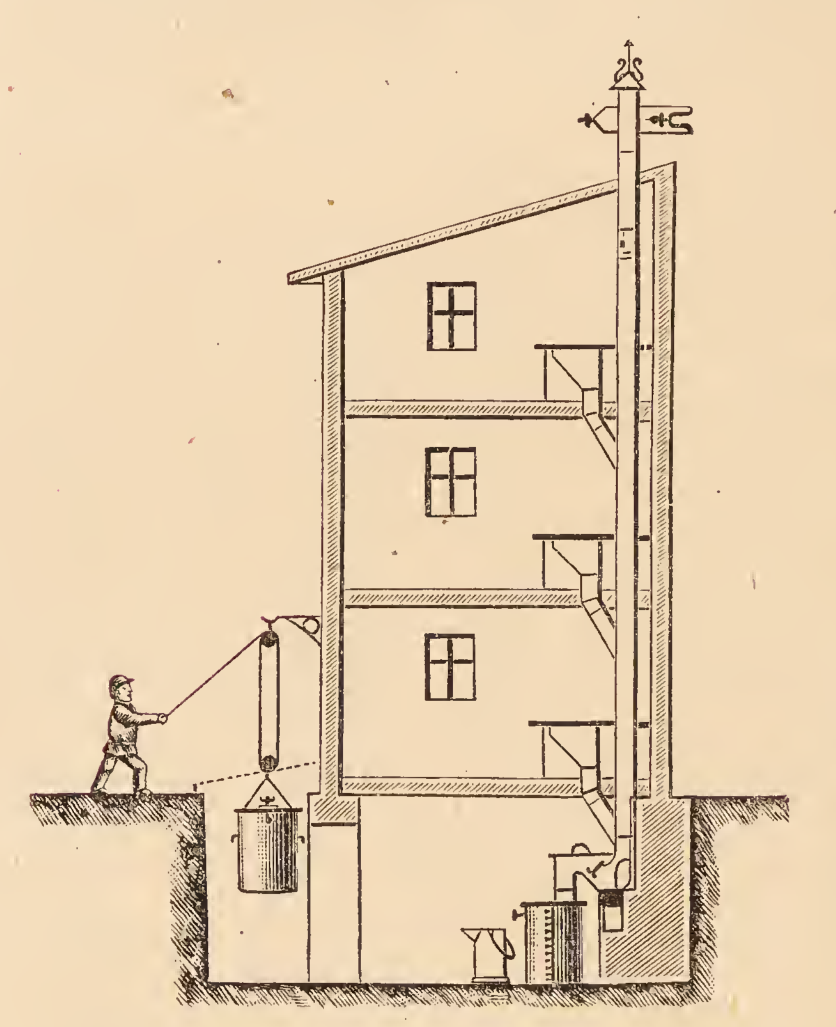


Fig. 90. Profil eines Hauses mit Tonnenabfuhr.

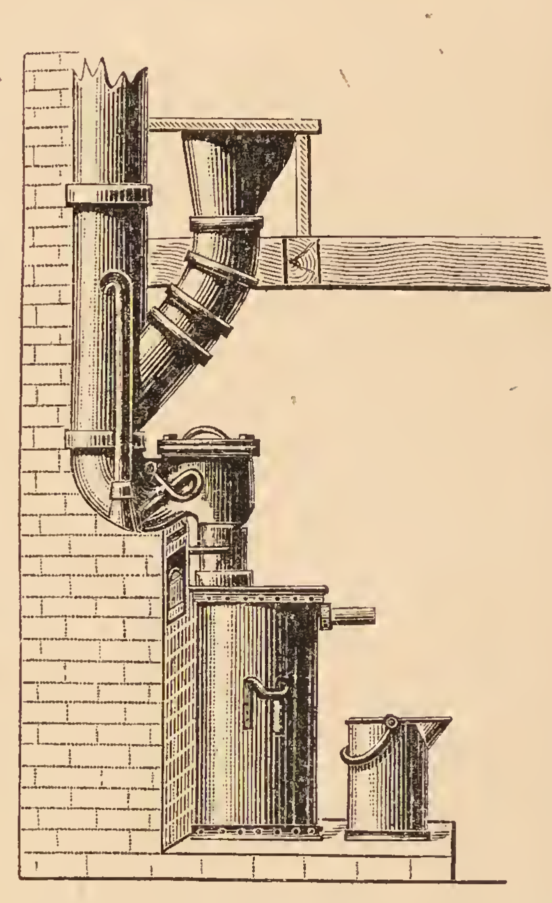


Fig. 91. Heidelberger Tonne. mit Fallrohr, Syphon und Überlaufeimer.

mit leichtem Absatz der abgefahrenen Fäkalien; ferner für einzelne etwa schwer zu kanalisierende Teile einer größeren Stadt und namentlich für einzelstehende Häuser, kleinere Häusergruppen sowie einzelne öffentliche Anstalten mit gutem Aufsichtspersonal.

Abfuhr mit Präparation der Fäkalien

Häufig wird eine Desinfektion oder eine Desodorisierung des Gruben- und Tonneninhalts versucht. Beide Prozeduren sind nicht zu verwechseln. Mit der Desinfektion streben wir eine Tötung der Infektionskeime an; eine solche läßt sich in einfachster und billigster Weise erreichen durch bestimmte Mengen Ätzkalk, Chlorkalk oder Mineralsäuren (s. Kap. X).

Bei der Desodorisierung sucht man dagegen entweder die gebildeten übelriechenden Gase zu beseitigen bzw. am Entweichen zu hindern oder im faulenden Substrat die Zersetzungserreger abzutöten oder das Fäulnismaterial für weitere Zersetzung ungeeignet zu machen. Meist kommen kombinierte Wirkungen zustande.

Angewendet werden zuweilen Verdampfung und Verbrennung der Fäkalien mittels ständiger Feuerungsanlage (einige Kasernen); viel häufiger Chemikalien, namentlich Eisenvitriol, rohes Manganchlorür oder rohes Kaliumpermanganat, welche die riechenden Gase binden und zugleich die Entwickelung der Fäulnisbakterien hemmen.

Die Chemikalien sind neuerdings mehr verdrängt durch poröse, feinpulverige Substanzen, welche durch Flächenattraktion die riechenden Gase binden, außerdem rasch Feuchtigkeit absorbieren und Oxydation veranlassen. Dahin gehören z. B. gepulverte Holzkohle, trockene Erde, Asche und als brauchbarstes Mittel Torfstreu.

Das sogenannte Erdklosett ist am längsten bekannt und ist in England und Indien viel angewendet. Lehmige und tonige Gartenerde wird in völlig trockenem Zustande mit den Fäkalien gemengt; für eine Defäkation von 120 g Fäzes und 300 g Harn sind ¾— 1 kg Erde erforderlich. Nach beendeter Mineralisierung ist die Erde aufs neue brauchbar. Zum Aschenklosett wird Asche benutzt, die von den Kohlenrückständen abgesiebt ist, und der etwas gepulverte Kohle beigemengt wird. Von Torfstreu ist weniger Masse zur vollständigen Desodorisierung nötig, und sie ist leichter transportabel. Der sog. „Torfmull" vermag zirka das Achtfache seines Gewichts an Wasser aufzusaugen. Für 150 g Fäzes und 1200 ccm Harn, d. h. pro Mensch und Tag, sind 155 g Torfmull nötig; für eine Entleerung von 150 g Fäzes + 300 g Harn = 50 g. Auch Klosetts mit automatischem Betriebe sind eingeführt (Bischleb & Kleukers, Poppes Klosett). Durch Zusatz von Schwefelsäure oder sauren Salzen (Kainit) läßt sich der Torfmull auch in ein Desinfiziens verwandeln, das Cholera- und Typhusbazillen in kurzer Zeit abtötet; die desodorisierende Wirkung bleibt dabei ungeschwächt (Fränkel).

Tonnen oder besser häufig gewechselte Eimer mit Torfstreu sind für kleinere Häuser und manche öffentliche Anstalten empfehlenswert.

Bei Pissoiranlagen läßt sich durch einen Ölverschluß oder durch Saprol (s. Kap. X), das sich auf die Oberfläche auflagert, die Geruchsentwickelung vermeiden; Wände und Boden werden mit Mineralölmischung abgerieben.

Modifikationen der vorbeschriebenen Systeme sind aus dem Bestreben hervorgegangen, die Hauswässer einschl. eines gewissen Wasserverbrauchs zur Spülung und Reinhaltung der Klosetts zu beseitigen, trotzdem aber mit seltener Abfuhr oder ohne diese auszukommen. Man hat dies 1. durch Trennung von flüssigen und festen Teilen mittels Sieben u. dgl. zu erreichen gesucht; jedoch ohne Erfolg. 2. durch Zusatz gewisser Chemikalien und Einschaltung von Klärgruben.

Hauptsächlich wurden früher Ätzkalk oder Magnesia, oder sauer reagierende Eisensalze bzw. Aluminiumsulfat (Mangan-, Zinksalze) verwendet. Ihre Wirkung besteht darin, daß voluminöse Niederschläge in der Jauche entstehen, welche einen großen Teil der landwirtschaftlich verwertbaren Bestandteile enthalten. Im Harn findet sich saueres Kalziumphosphat und Kalziumkarbonat; durch Zusatz von Ätzkalk entsteht unlöslicher basisch phosphorsauerer Kalk und Kalziumkarbonat; Magnesiumzusatz führt zur Bildung von Tripelphosphat. Treffen Eisen- oder Aluminiumsulfat mit alkalischen Substanzen (Ammoniumkarbonat) zusammen, so entstehen sehr voluminöse Fällungen von Eisenhydrat und Tonerdehydrat. Eisensulfat bindet außerdem Schwefelammonium. (Süverns Verfahren, A-B-C-Prozeß, Friedrichs Verfahren u. a. m.)

Diese Verfahren sind verdrängt durch die neuen einfacheren Kläranlagen, welche ohne Chemikalienzusatz arbeiten und bei denen auf ein „Ausfaulen" der Fäkalien in dicht verschlossenen Behältern gerechnet wird, an die sich unter Umständen Untergrundberieselung anschließt (Verfahren von Schweder u. a.; s. unten)

2. Schwemmkanalisation.

Fast die gesamten Abfallstoffe, alle Fäkalien, das Haus- und Küchenwasser und das Meteorwasser werden bei der Schwemmkanalisation in unterirdischen Kanälen gesammelt, und die entstehende dünnflüssige, eventuell durch Wasserzusatz noch weiter verdünnte Masse wird durch natürliches Gefälle rasch aus dem Bereich der Wohnungen fortgeführt.

Der Untergrund der Stadt wird von einem Netz von Kanälen aus dichten, innen glatten Wandungen durchzogen, welche sich mit natürlichem Gefäll nach einem großen Sammelkanal hinziehen. Die Anfänge des Netzes liegen in den Ausgußöffnungen in Küchen und Waschküchen, in den Klosetts usw.; ferner in den Abführungen für das Straßenwasser und in den Regenrohren. Von da konfluieren die kleinen Anfangskanäle in größere Straßenkanäle, die sich schließlich zu mehreren Hauptkanälen vereinigen.

Es muß durchaus darauf gerechnet werden, daß eine rasche Vorwärtsbewegung der Abfallstoffe stattfindet. Daher ist gutes Gefälle nötig und möglichst reichlicher Wassergehalt der Kanaljauche, so daß sie dünnflüssig ist. In Städten ohne Wasserleitung sind die Abwässer fast immer zu konzentriert und fließen zu langsam. Gewöhnlich werden daher Kanalisation und Wasserleitung nebeneinander projektiert und angelegt; sie bedingen sich gegenseitig. — Auch eine gewisse Verdünnung durch Meteorwasser ist nur erwünscht und muß bei regenarmer Zeit durch künstliche Wasserspülung ersetzt werden.

Zunächst sind eine Reihe von hygienisch wichtigen Vorarbeiten auszuführen, z. B. ein Nivellement der Bodenoberfläche und der einzelnen Boden-

schichten; über die Grundwasserverhältnisse, die Bodentemperaturen, die Regenmengen, den Abfluß und die Verdunstung des Regens, dann über die Dichtigkeit der Bewohnung, den Verbrauch an Hauswasser, die wahrscheinliche Zunahme der Bevölkerung usw. müssen Erhebungen veranstaltet werden.

Die Disposition der ganzen Anlage wird verschieden behandelt. In früherer Zeit und in englischen Städten kannte man nur eine zentrale Disposition. An einer Stelle der Peripherie kommt dann der Sammelkanal heraus; die Anfänge des Systems liegen in den anderen Teilen der Peripherie und die Kanäle wachsen allmählich, je mehr sie bebaute Teile durchsetzen. — Daraus resultieren aber Nachteile; erstens sehr lange Kanäle, bei denen dann oft nicht das genügende Gefälle gegeben werden kann, wenn man nicht die Enden zu tief legen will. Nur bei kleineren Städten oder solchen mit starker Neigung des Terrains fällt dies Bedenken fort. — Zweitens sind die Anfangskanäle schwer richtig zu bemessen. In der Peripherie findet gerade das Wachstum der Stadt, unberechenbar in welchem Umfange, statt. Dabei aber darf man auch wieder von Anfang an keine zu großen Kanäle projektieren, weil diese eine schlechte Fortbewegung des Inhalts veranlassen und kostspielig sind. Daher ist es bei zentraler Anordnung unausbleiblich, daß oft Umbauten und Erweiterungen zu eng gewordener Kanäle und ihrer Vorfluter erfolgen.

Besser ist Dezentralisation der Anlage. Entweder kann man verschiedene Radialsysteme einrichten (wie in Berlin). Die Anfänge der Kanäle liegen dann im Zentrum der Stadt, in der Peripherie dagegen sind große Stämme, die leicht einer Erweiterung der Stadt sich anpassen. Jedes Radialsystem kann bis zu Ende getrennt behandelt werden; oder es werden mehrere schließlich in einen Hauptstrang vereinigt. — Oder, wenn einzelne Teile der Stadt sehr verschiedene Höhenlage haben, werden diese Teile dementsprechend behandelt (Parallelsystem, z. B. in Stuttgart, München, Wien).

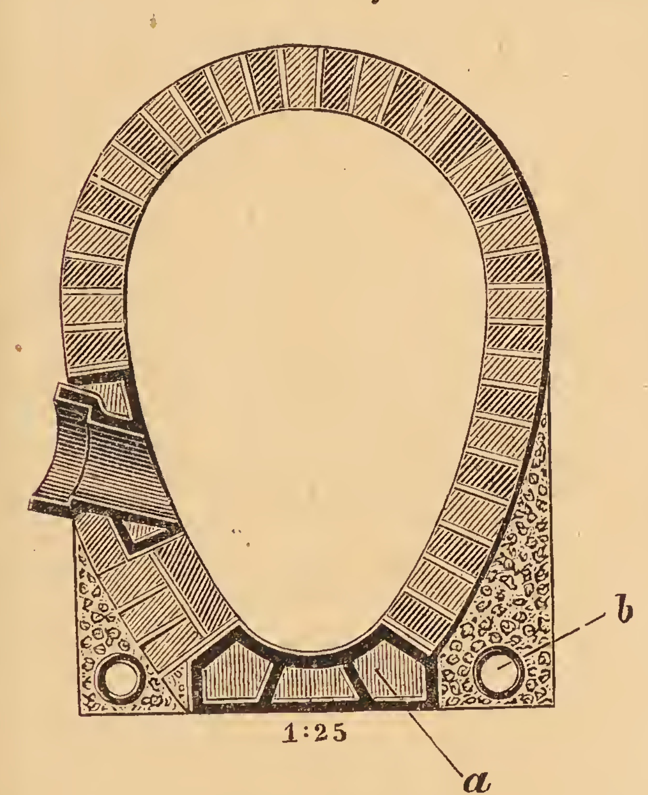


Fig. 92. Kanalprofil.
a Offene Kanäle des Sohlenstücks. *b* Drainröhren in der Kiesschüttung.

Material der Kanäle. Bei den engeren (unter 0,5 m Durchmesser) benutzt man innen glasierte Tonröhren; die größeren Kanäle sind aus Backstein und Zement gemauert. Die Seitenteile kommen nur bei starken Regengüssen mit der Kanaljauche in Berührung, die Hauptsache ist daher das Sohlenstück, das undurchlässig aus Steingut oder Beton, bzw. als Mauerkörper aus Ziegel und Zement hergestellt wird. Das Sohlenstück ist gewöhnlich durchzogen von kleinen kantigen Kanälen (a in Fig. 92), die am Ende der Leitung offen enden und zur Drainage des Grundwassers dienen. Neben den Kanälen wird eine Kiesschüttung angebracht, welche gleichfalls drainierend wirkt, häufig legt man in die Kiesschicht noch besondere Drainröhren (b, Fig. 92).

Völlig dicht sind die Kanäle selten. Etwas Einsickern von Grundwasser bzw. Durchsickern von Jauche kommt gewöhnlich vor. Aber nachweislich kommt es nicht zu stärkerer Bodenverunreinigung. — Die Tieflage der Kanäle schwankt im allgemeinen zwischen 1,5 und 6,5 m; in Städten, wo auch das Abwasser aus allen Kellerwohnungen aufgenommen werden soll, bis zu 10 m. Oft liegt der größere Teil im Grundwasser. Damit kommt dann vielfach eine dauernde Senkung des Grundwasserspiegels zustande.

Die Weite der Kanäle richtet sich nach den zu bewältigenden Wassermassen, deren Hauptanteil durch die Niederschläge geliefert wird. Soll aber jeder Regen, auch der stärkste Platzregen, vollständig Aufnahme in den Kanälen finden, so resultieren solche Dimensionen für die Kanäle, daß diese zu kostspielig werden und außerdem für gewöhnlich eine schlechte Fortbewegung des relativ geringfügigen Inhalts leisten würden. — Richtiger ist es daher, die Kanäle nur auf Abführung der mittleren Regenmengen und des Hauswassers zuzuschneiden. Man berechnet zu dem Zweck die Bevölkerungsdichte pro Hektar und veranschlagt danach den Wasserkonsum, und also auch die Menge des Abwassers Dazu kommt dann noch das durchschnittlich abzuführende Regenwasser.

Es fragt sich aber, was dann mit den größeren Regenmengen geschehen soll. Oft fällt das 20fache der durchschnittlichen Menge, von der allerdings nur etwa ⅓ in die Kanäle gelangt, für die aber doch zweifellos die Kapazität der Kanäle nicht ausreicht. — Für diesen Fall treten sogenannte Notauslässe (Regenauslässe) in Funktion, d. h. breite, flache Kanäle, welche aus dem oberen Teil der Straßenkanäle mit gutem Gefäll direkt zum nächsten Wasserlauf führen, und die das Kanalwasser erst aufnehmen und ableiten, nachdem es bis zu jenem abnormen Niveau, in welchem die Anfänge der Notauslässe liegen, gestiegen ist. Diese Anordnung erscheint zulässig, weil unter solchen Verhältnissen der Kanalinhalt immer sehr verdünnt und zu gleicher Zeit die Wassermenge des Flusses groß ist; nur die mitgeschleppten schwimmenden Bestandteile (Kotballen, Papier) sind zuweilen störend.

Gewöhnlich beginnen die Kanäle mit 0,23 m Weite und steigen durch 5—6 verschiedene Abstufungen bis 1,7 m. Selten findet man größere Dimensionen (in London 3,5, in Paris sogar bis 5,6 m).

Das Profil der Kanäle ist bei den kleinsten rund, bei den größeren überhöht (eiförmig, Fig. 92). In großen runden Kanälen kommt es leicht zu einer trägen Fortbewegung und zu einer Durchsetzung des ganzen Rinnsals mit hemmendem Schlamm.

Das Gefälle soll bei Hausleitungen 1 : 50, bei kleinen Kanälen 1 : 200 bis 300, bei größeren 1 : 400—500, bei den größten 1 : 1500 betragen. — Die Geschwindigkeit des Stromes ist im Mittel 0,75 m pro Sekunde oder 2,5 km pro

Stunde. Dabei sollen auch alle festen Teile, die naturgemäß in die Kanäle gelangen, mit fortbewegt werden.

Stoßen die Kanäle auf einen Strom, so wird ein sogenannter Düker eingerichtet, eine Art Syphon aus eisernem Rohr, der im Flußbett liegt. In demselben kommt es zuweilen zu Stauungen, die aber durch kräftige Spülung zu beseitigen sind.

Eine Spülung der Straßenkanäle ist erforderlich, wenn die Dimensionen relativ groß gewählt werden mußten, wenn längere Zeit stärkere Niederschläge gefehlt haben und wenn stellenweise schlammreichere Abwässer aus Fabriken usw. in die Kanäle gelangen. Sie geschieht z. B. dadurch, daß in einzelnen Kanälen eiserne Spültüren geschlossen und nach genügendem Anstau des Kanal-

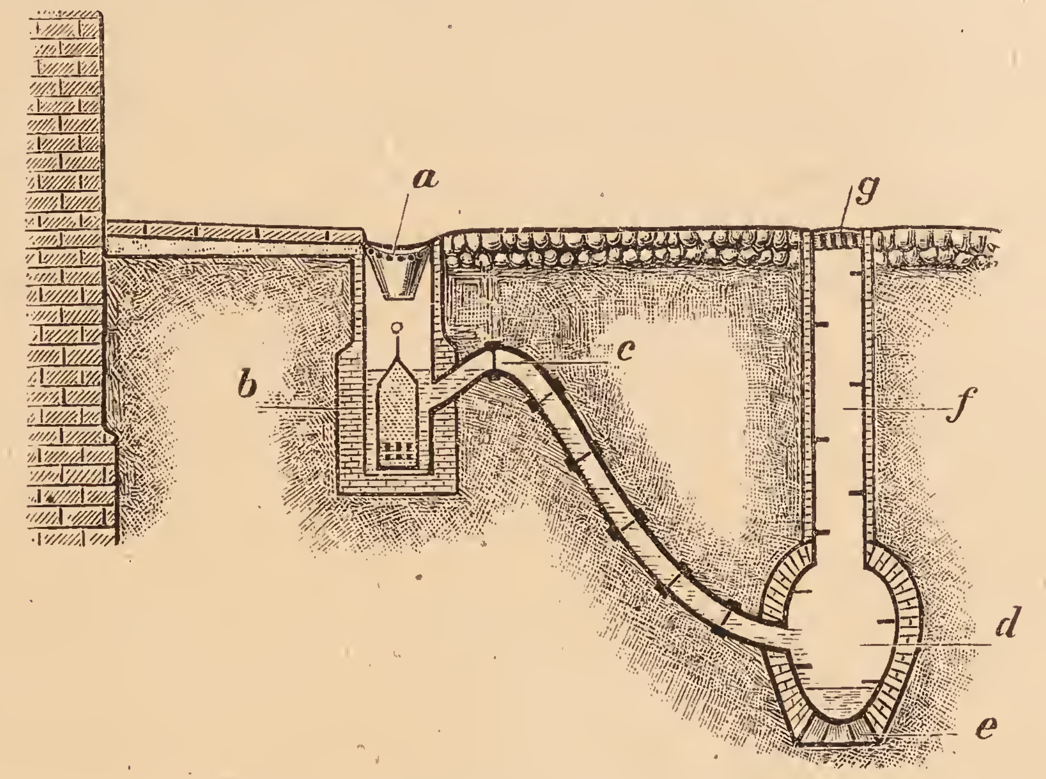


Fig. 93. Profil einer kanalisierten Straße.
a Einlauf für das Straßenwasser. *b* Gullie mit heraushebbarem Sinkkasten. *c* Überlauf in den Straßenkanal. *d* Straßenkanal. *e* Sohlenstück. *f* Einsteigeschacht. *g* Durchlochter Deckel.

wassers plötzlich wieder geöffnet werden; oder durch automatisch arbeitende Kippspüler oder Heberspüler; oder durch Einlaß von Wasser aus Flüssen, Teichen oder aus den Hydranten der Wasserleitung.

In die Kanäle führen von der Straße aus die Straßenwassereinläufe und die Einsteigschachte; von den Häusern aus die Fallrohre der Klosetts, die Rohre für die Hauswässer und die Regenrohre.

Die Einläufe für das Straßenwasser liegen meist in den Rinnen neben dem Fußsteig, außerdem auf Höfen usw.; sie sind durch einen Rost von Eisenstäben bedeckt. Da das Straßenwasser viel Sand und Schlamm mitführt, so wird unter dem Einlauf ein Sinkkasten oder Gullie angebracht. Ungefähr 1 m oberhalb des Bodens des Gullies befindet sich der Ablauf, der syphonartig nach oben gekrümmt ist, damit die Kanalluft nicht durch den Gullie auf die Straße entweichen und die Passanten belästigen kann. Von Zeit zu Zeit müssen die Gullies geräumt werden, da deren Ablauf sich verstopft, wenn der Schlamm zu hoch ansteigt.

Die Einsteig-(Revisions-)schachte (Mannlöcher) gehen vom Fahrweg vertikal nach abwärts, sind so weit, daß ein Mann hindurchkriechen kann, und an den Wänden mit Steigeisen versehen. Sie sind in 50—70 m Entfernung voneinander angebracht, hauptsächlich an den Straßenecken. Sie dienen 1. zur Revision und Reinigung. Auch die nicht besteigbaren Kanäle müssen sich von einem Mannloch bis zum anderen mit Lampen und eventuell mit Hilfe von Winkelspiegeln übersehen lassen. Von dort aus findet auch die Spülung mittels der Hydranten statt. 2. zur Aufnahme und Beseitigung der Sinkstoffe. Der Boden der Einsteigschachte wird häufig tiefer gelegt als die Sohle der Kanäle; der unterste Teil des Schachts bildet dann ein kleines Bassin, in welchem Sinkstoffe sich ablagern. Von dort werden dieselben mittels Eimern herausgeschafft. 3. zur Ventilation der Kanäle; die Deckel sind durchlöchert und gestatten der Kanalluft den Austritt ins Freie.

Die von den Häusern kommenden Kanäle münden in spitzem Winkel oder in flachem Kreisbogen in die Straßenkanäle; ihr Gefälle beträgt 1 : 50 oder weniger; sie bestehen aus glasierten Steingutrohren oder aus innen und außen asphaltiertem Eisenrohr (letzteres beim Passieren der Grundmauern). Ihr Durchmesser beträgt ca. 15 cm.

Ein Teil der Hausrohre beginnt in den Wasserklosetts. Am Ende des Sitztrichters befinden sich entweder bewegliche Klappen oder Pfannen; unter den Klappen ist ein Sammelgefäß eingeschaltet und an dieses schließt sich ein Syphon (ein ∾ förmig gebogenes Stück, s. Fig. 96) des Fallrohrs — mit mindestens 2,5 cm Wassersäule — an. Bei den neueren und besseren Einrichtungen ist das zu üblen Gerüchen Anlaß

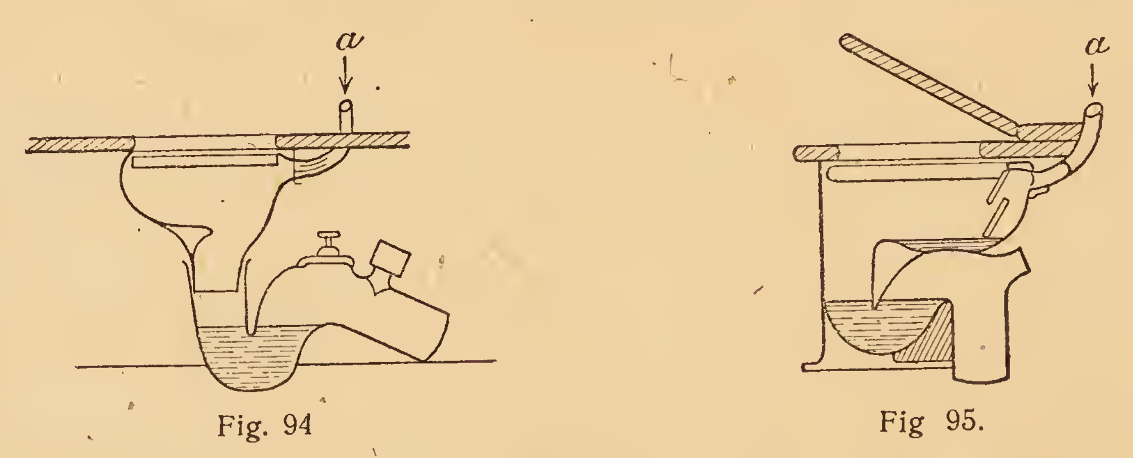


Fig. 94 Fig 95.

gebende Sammelgefäß fortgelassen, und die Sitzrichter gehen direkt in einen Syphon über (Syphonklosett). Oder die Sitzrichter haben beckenförmige Form und es ist die Einrichtung getroffen, daß immer ein Rest des Spülwassers im Becken stehen bleibt (Wash-out-Klosett, Fig. 95); die Anordnung des Wasserzuflusses muß dann so sein, daß namentlich der Beckenboden kräftig ausgewachsen wird. — Zu beanstanden sind die in Schulen hier und da eingeführten Trogklosetts, bei denen mehrere Klosetts in einen gemeinsamen, nur gelegentlich gespülten Trog führen. — Meist erfolgt die Spülung nicht direkt aus der Leitung, sondern unter Einschaltung eines Spülbehälters, der sich automatisch wieder füllt. Bei direkter Spülung kann, wenn schwacher Leitungsdruck vorhanden ist

und aus weiteren Zweigen des gleichen Rohrsystems größere Wassermengen gleichzeitig ausgelassen werden, Flüssigkeit aus dem Klosett in das Leitungsrohr aspiriert werden.

Das Fallrohr hat 10—14 cm Durchmesser, besteht aus asphaltiertem Eisen und soll nach oben bis über das Dach hinaus verlängert sein. Der Wasserzufluß zum Klosett kann auch automatisch geregelt werden (durch das Öffnen der Tür, das Niederdrücken des Sitzes usw.) Jedenfalls muß eine r e i c h l i c h e Wassermenge zum Spülen gewährt werden, mindestens 5—10 Liter pro Tag und Kopf.

Die A u s g ü s s e i n d e n K ü c h e n tragen ein unabnehmbares Gitter, welches größeren Verstopfungen vorbeugen soll; dann folgt ein Syphon (oder Glockenverschluß), dann ein Fallrohr von 5—8 cm Durchmesser Letzteres wird nach oben über Dach geführt, nach unten gewöhnlich in den Hof geleitet und, da das Küchenwasser viel zum Reinigen benutzten Sand, ferner Fett, Fasern von Tüchern usw. mit sich führt, läßt man es dort gewöhnlich in einem Gullie bzw. Fettfang enden.

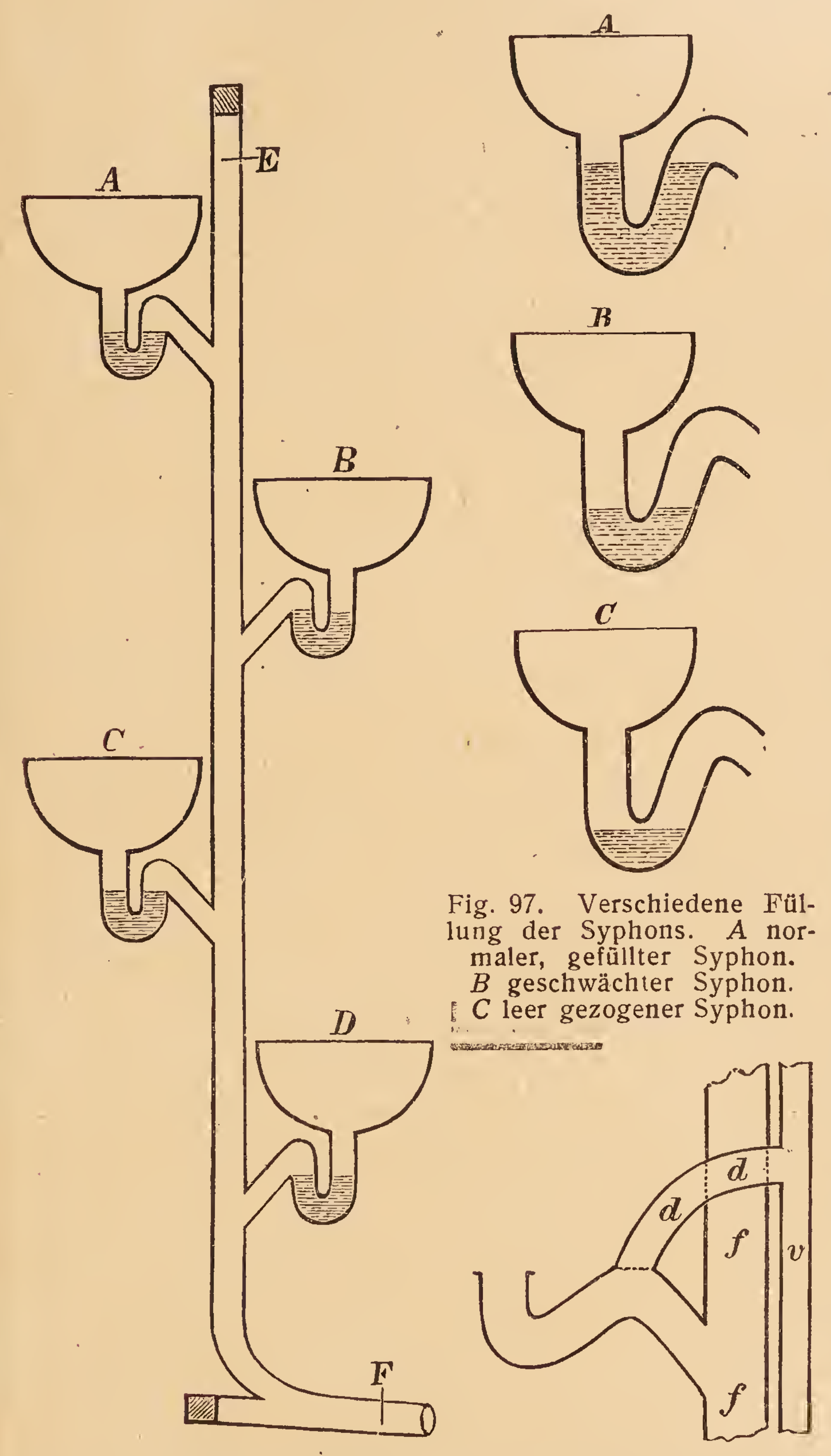


Fig. 96. Schema der Ausgüsse und Syphons eines Hauses.

Fig. 97. Verschiedene Füllung der Syphons. *A* normaler, gefüllter Syphon. *B* geschwächter Syphon. *C* leer gezogener Syphon.

Fig. 98. Schutzvorrichtung an Syphons. *f* Fallrohr. *v* Ventilationsrohr. *d* Verbindungsrohr.

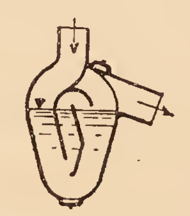
Die R e g e n r o h r e, welche das Meteorwasser von den Dächern sammeln, gehen von der Hinter- und Vorderfront des Hauses in den oberen Teil der Straßenkanäle.

Die K a n a l g a s e müssen v o n d e n W o h n r ä u m e n f e r n g e h a l t e n werden; nicht etwa weil sie infektiöse Krankheiten hervor-

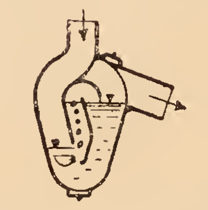
rufen könnten; die Unrichtigkeit dieser Annahme ist bereits oben (S. 78) betont. Wohl aber kommt durch die Kanalgase eine Belästigung und eine Beeinträchtigung in der Aufnahme der Luft zustande; und dies genügt durchaus, um Vorkehrungen gegen ein Eindringen der Kanalgase ins Haus wünschenswert zu machen.

Eine Fernhaltung der Kanalgase vom Hause besorgen die Kommunikationen der Straßenkanäle mit der freien Luft a) durch die Einsteigschächte; b) durch die über Dach reichenden Klosett-Fallrohre; c) durch die Regenrohre. Zuweilen hat man noch besondere Ventilationstürme mit starken Kohlenfeuerungen zur Aspiration der Kanalluft herangezogen, aber im ganzen ohne entsprechenden Vorteil.

Außerdem ist der Eintritt von Kanalgasen ins Haus durch die nahe der Mündung der Fallrohre angebrachten, mit Wasser stets gefüllten Krümmungen der Rohre, die sogenannten Syphons, gehindert. Solche Wasserverschlüsse



Normaler Wasserstand.



Wasserstand bei eintretender Saugwirkung.



Wasserstand nach dem Aufhören der Saugwirkung.

Fig. 99. Nicht leersaugbarer Geruchsverschluß System Kesselring ($^1/_{10}$—$^1/_{20}$ nat. Gr.).

sind für die Kanalgase so gut wie undurchlässig, da die letzteren sich nur sehr wenig in Wasser lösen, die Abdunstungsfläche für die geringfügigen gelösten Mengen klein ist und das abschließende Wasser oft erneuert wird.

Allerdings kann bei schlechter Konstruktion des Syphons der Wasserverschluß gebrochen werden. Durch Eingießen größerer Wassermengen in den Syphon A (Fig. 97), die das Fallrohr vollständig füllen und beim Abstürzen hinter sich eine Art Vakuum erzeugen, kann entweder der Syphon A selbst leergesogen werden; oder es wird eventuell ein anderer, an dasselbe Fallrohr angeschlossener Syphon B oder C entleert. Oft kommt es nur zu einer teilweisen Entleerung (B in Fig. 97); die abschließende Wassersäule ist dann aber zu niedrig, um einem mäßigen Überdruck von Gasen standzuhalten. Nicht selten bleibt sogar so wenig Wasser zurück, daß eine ungehinderte Kommunikation der Luft durch den Syphon besteht (C in Fig. 97). — Auch ein Überdruck im Rohr, der z. B. entsteht, wenn fälschlicherweise am unteren Ende des Rohrs nochmals ein hemmender Syphon angebracht ist, kann zur Entleerung eines Verschlusses führen.

Ein Entleeren von Syphons tritt jedoch nur ein, wenn das Fallrohr abnorm eng und geschlossen ist, und es kann mit Sicherheit dadurch vermieden werden, daß das Syphon- und Fallrohr weiter (über 10 cm), die Eingußöffnung aber enger gemacht wird; ferner dadurch, daß man das Fallrohr offen über Dach und unten offen im Kanal enden läßt. Sicheren Schutz gewährt auch ein offenes Rohr (d in Fig. 98), welches vom Scheitel des Syphons in ein über Dach verlängertes Ventilationsrohr geführt wird. — Oder man verwendet Syphons nach dem System Kesselring, die nicht leergesogen werden können, wie aus Fig. 99 ohne weiteres hervorgeht.

3. Die Separationssysteme.

Statt der summarischen Kanalisation ist häufig eine Separation der einzelnen Abfallstoffe, eine getrennte Behandlung der Fäkalien, des Hauswassers und des Meteorwassers, angezeigt. Gerade die Abzweigung des Meteorwassers hat entschieden Berechtigung. Die Dimensionen der Schwemmkanäle sind wesentlich auf die Regenwassermengen zugeschnitten; die Kanäle können sehr viel kleiner und billiger angelegt werden, wenn sie nicht die wechselnden und oft sehr großen Mengen Niederschläge aufzunehmen haben.

Freilich hat das Meteorwasser bei den Schwemmkanälen die wichtige Funktion, den Kanalinhalt gelegentlich stark zu verdünnen und einen raschen Fluß der Kanaljauche und ein Fortschwemmen schwererer Sinkstoffe zu veranlassen. — Aber diese Funktion leistet das Meteorwasser weder in idealer Weise, da es sie in ganz unregelmäßigen Zwischenräumen ausübt, noch ist es als unersetzlich anzusehen. Ein Ersatz kann z. B. dadurch erreicht werden, daß von einem Fluß oder Teich oder von der Wasserleitung aus eine regelmäßige, willkürlich regulierbare Spülung des nur für Fäkalien und Abwässer bestimmten Kanalsystems eingerichtet wird. Oder die Fäkalien und Hauswässer werden mit maschineller Unterstützung fortbewegt, welche die Spülung überflüssig macht.

Dann ist auch die definitive Beseitigung des nur aus Fäkalien und Hauswasser bestehenden Kanalinhalts leichter. Für Berieselung ist die Masse allerdings zu konzentriert; der Einleitung des Kanalinhalts in die Flüsse stehen Bedenken entgegen. Dagegen kann die Verarbeitung zu Poudrette versucht werden, wenn es sich nur um Fäkalien handelt; werden die Hauswässer mit aufgenommen, so ist mechanische und chemische Klärung oder Oxydationsverfahren viel leichter durchführbar, weil die Masse der Abwässer ohne Aufnahme des Regenwassers viel geringer und ihre Zusammensetzung gleichmäßiger sind.

Das Regenwasser wird ober- oder unterirdisch in möglichst direkter Weise und ohne vorherige Sammlung in den nächsten Wasserlauf geführt. Das erscheint unbedenklich, sobald man etwa noch das Wasser von verdächtigen Höfen u. dgl. den Kanälen zuführt.

Hygienisch unrichtig würde es sein, die Fäkalien gesondert zu behandeln und die Hauswässer mit dem Meteorwasser zusammen oberflächlich abzuführen. Vielmehr müssen Fäkalien, Hauswässer, Meteorwässer von verdächtigen Höfen und Straßenteilen und differente Industrieabwässer einerseits zusammengefaßt und unterirdisch abgeleitet werden; und andererseits oberirdisch das Meteorwasser von den Dächern, Straßen und freien Plätzen, sowie indifferente Industrieabwässer. — In großen Städten wird

man gleichwohl das Trennsystem nicht immer zur Anwendung bringen können, weil hier Überflutungen der Straßen durch stärkere Niederschläge möglichst vermieden werden müssen. Dagegen ist es für kleinere Städte und für Teile einer größeren Stadt, in denen die Terrainverhältnisse für eine Entfernung des Meteorwassers günstig liegen, zu empfehlen.

In Gebrauch sind z. B.:

a) Warings System. Die Kanäle nehmen kein Regenwasser (oder höchstens einen Teil, z. B. das in den Höfen sich sammelnde) auf. Dafür sind am oberen Ende

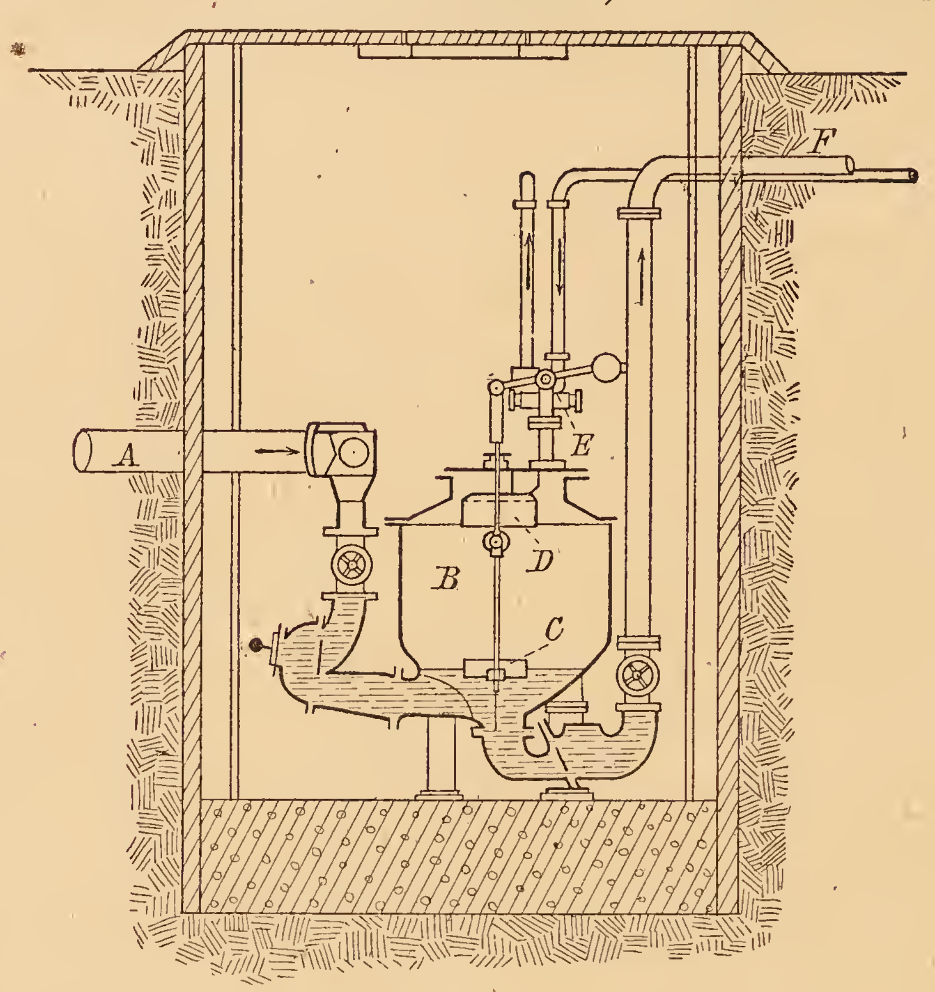


Fig. 100. Merten-Shones Druckluftsystem.

jedes Rohrstranges Spülbassins angebracht, von wo 1—2mal täglich gespült wird. Die Hausanschlüsse haben keine Syphons. Bei der Konzentration des Kanalinhalts erscheint dies nicht ganz unbedenklich. Für Revision der Kanäle muß gesorgt sein.

b) Shones Druckluft-(Ejektor-)System. Entweder Sammlung der Fäkalien in Kübeln, die an Sammelstellen entleert werden; der Inhalt wird in eisernen Rohren von 55 cm Weite mittels komprimierter Luft nach der Poudrettefabrik geschafft (Warington). — Oder besser so ausgeführt, daß enge Kanalrohre (18 bis 30 cm weit) mit gutem Gefälle aus je einem Bezirk der Stadt die dickflüssige, aus Fäkalien und Hauswasser bestehende Masse zu einem tiefliegenden Behälter, dem Ejektor (B in Fig. 100), leiten. Die im Ejektor sich ansammelnde Flüssigkeitsmasse löst bei einer gewissen Füllung durch Hebung des Schwimmers C bis nach D automatisch den Zutritt von Druckluft aus, welche den Inhalt heraus und in die Abflußleitung drückt. — Andere Trennsysteme von Merten, Rothe, Mairich u. a.

c) Das Liernursche pneumatische System. Hauptsächlich in holländischen Städten. Die Entfernung der gesamten Abfallstoffe soll durch eine

Reihe von Kanalsystemen geschehen. Das Bodenwasser soll durch poröse Drainageröhren abgeleitet werden, das Meteorwasser durch oberflächliche Rinnsale, nur in stark bewohnten Stadtteilen soll es in den Hauswasserkanälen Aufnahme finden. Das eigentlich Charakteristische ist ein außerhalb der vorgenannten Anlagen hergestelltes eisernes Rohrnetz, dessen Beginn in den einzelnen Aborten liegt, das unterirdisch die Stadt durchzieht, und durch welches alle Fäkalien nach einem Zentralbassin (P in Fig. 101) von Zeit zu Zeit angesogen werden, um demnächst als Dünger verkauft oder zu Poudrette verarbeitet zu werden. Wasser darf höchstens 1 Liter pro Tag und Kopf zur Reinigung und zum Nachspülen verwandt werden. — An das Zentralbassin fährt täglich einmal eine loko-

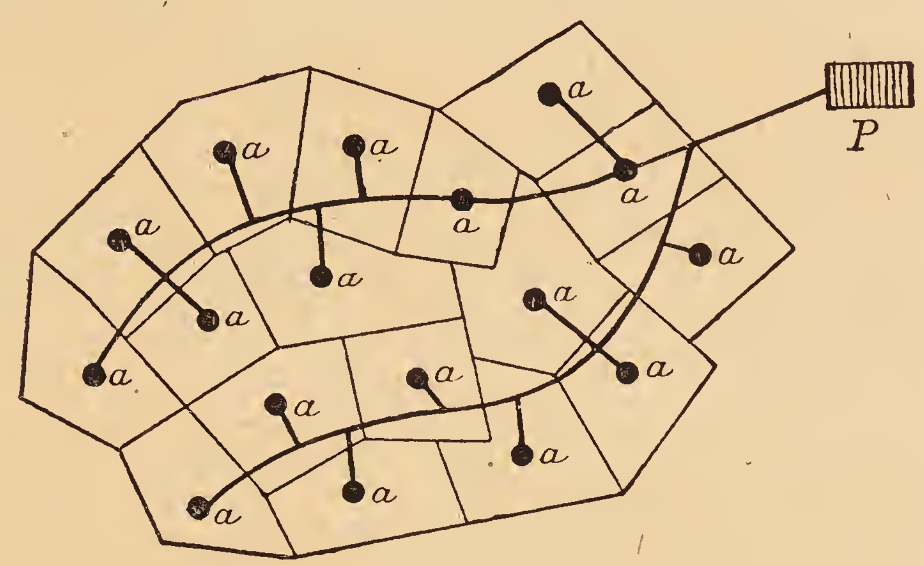


Fig. 101. Liernursches System.

mobile Luftpumpe; dann werden die Hähne der Straßenrohre geschlossen, das Reservoir dreiviertel luftleer gemacht, darauf die Hähne geöffnet und der Inhalt der Röhren aspiriert. Schließlich wird der Reservoirinhalt in einen fahrbaren Tender umgefüllt (aspiriert) und dieser fährt nach dem Depot, um die Fäkalien als Dünger abzugeben oder sie zu Poudrette zu verarbeiten.

Mehrfach sind keine besonderen Hauswasserkanäle vorgesehen oder werden ohne ungenügende Reinigung in Oberflächenwässer eingeleitet (übler Geruch der Grachten holländischer Städte im Sommer!). Bei guten Hauswasserkanälen erscheint die gesonderte Behandlung der Fäkalien als nuнütze Komplikation.

4. Beseitigung des Kanalinhalts.

Ein Kanalwasser aus Schwemmkanälen enthält bei mittlerer Konzentration:

	Milligramm in 1 Liter	
Suspendierte Stoffe . . .	500—1000	ca. 1500.
Gelöste Stoffe	bis 1000	
Unter den gelösten Stoffen organische . . .	300.	

Werden die Fäkalien abgefahren, so sind die suspendierten Stoffe der Abwässer merklich verringert. — Fabrikabwässer aus Färbereien, Gerbereien, Papierfabriken usw. zeigen oft einen bis 10mal höheren Konzentrationsgrad als das Kanalwasser (s. unten).

Der Kanalinhalt ist somit für gewöhnlich viel zu dünn, um etwa transportiert zu werden, und von jeher hat man dementsprechend zunächst daran gedacht, denselben ohne weitere Verwertung loszuwerden durch

a) Einlauf in die Flüsse.

Daraus entsteht häufig eine nicht unbedenkliche Verunreinigung der Flüsse. Man hat in dieser Beziehung zahlreiche schlechte Erfahrungen gemacht; in London war die Themse, in Paris die Seine derart durch Kanalwasser getrübt und gab zu solchen Gerüchen Anlaß, daß die Anwohner weit hinaus aufs äußerste belästigt wurden; die Fische starben ab, irgendwelche Benutzung des Wassers zum Waschen, Baden usw. war unmöglich. Gleiche Beobachtungen wurden in Frankfurt a. M. gemacht. Die kolossalsten Grade von Verunreinigungen sind in den Industriebezirken Englands vorgekommen. Übrigens waren hier — wie überhaupt bei der Flußverunreinigung — die Fabrikabwässer weitaus am stärksten beteiligt.

In erster Linie sind es die suspendierten, sog. Sinkstoffe, die das Wasser schon äußerlich verändern; sie führen in schlecht regulierten Flüssen zu Schlammablagerungen, in denen die Fäulnis immer weiter um sich greift, und die sich schließlich so ansammeln, daß eine häufige Entfernung durch Baggern nötig wird. — Außer den Sinkstoffen führen die schwimmenden Stoffe (Papier, Ballen von Fäzes usw.) zu Belästigungen, indem sie sich leicht an Schiffen oder am Strauchwerk der Ufer ansetzen, namentlich wenn letztere flach sind und der Fluß einen gewundenen Lauf hat.

Die sanitären Bedenken einer solchen Flußverunreinigung liegen teils in der fortgesetzten Entwickelung von Fäulnisgasen, die sich aus den Schlammassen entwickeln; teils in den Giften (Arsenik, Blei), welche in den Abfallstoffen der Fabriken und Hütten enthalten sein können; teils und hauptsächlich in den Infektionserregern, Typhus-, Cholerabazillen usw., die zuzeiten mit den Abfallstoffen in das Flußwasser gelangen. Diese können zahlreiche Infektionen veranlassen, wenn das verunreinigte Flußwasser als Trink- oder Wirtschaftswasser, zum Baden oder zur Wäsche benutzt wird.

Die Verdünnung, in welcher sich die Infektionserreger im Flußwasser befinden, und welche eigentlich die Infektionschancen außerordentlich herabmindern sollte, wird durch eine vielfache Benutzung durch Tausende von Menschen wieder teilweise ausgeglichen. Vielleicht sind Cholera- und Typhusbazillen unter geeigneten Bedingungen, namentlich an schwimmenden Stoffen, im Flußwasser sogar vermehrungsfähig. Am ausgeprägtesten ist die gefährliche Rolle verunreinigter Flüsse in

außereuropäischen Ländern zu beobachten, z. B. beim Ganges, dessen stark beschmutztes und doch zu allen möglichen Zwecken benutztes Wasser zur Verbreitung der Cholera zweifellos viel beiträgt. Aber auch in Europa sind bis an die neueste Zeit Cholera- und Typhusepidemien vorgekommen, welche auf den Genuß verunreinigten Flußwassers zurückzuführen waren.

Liegen allerdings längere Strecken hindurch keine Ortschaften am Flusse oder wird das Wasser des Flusses von den Anwohnern nur wenig benutzt, so ist geringe oder gar keine Gelegenheit zur Infektion gegeben, und in solchen Fällen hat sich ein gesundheitsschädlicher Einfluß der Flußverunreinigungen nicht nachweisen lassen.

Auch volkswirtschaftliche Bedenken, namentlich die Beeinträchtigung der Fischzucht, lassen ein schrankenloses Einleiten des Kanalinhalts in die Flüsse bedenklich erscheinen.

Es würde durchaus unrichtig sein, wollte man die Einleitung der Kanaljauche in die Flüsse grundsätzlich verbieten; die Entscheidung ist vielmehr abhängig zu machen: 1. von der Menge und Konzentration der gelieferten Kanaljauche, 2. von der Wassermenge des Flusses, 3. von dessen Stromgeschwindigkeit, 4. von der Ufergestaltung, dem Verlauf des Flusses und seiner Neigung, Überschwemmungen zu veranlassen und dabei die Unratstoffe auf dem Lande zu deponieren, 5. insbesondere von der Bewohnung der stromab gelegenen Ufer bzw. der Menge der Schiffer und von der Intensität der Benutzung des Flußwassers. Bezüglich des wichtigsten Punktes, der Benutzung des Wassers, ist der richtige hygienische Standpunkt jedenfalls der, daß aus verschiedenen oben angeführten Gründen und namentlich deshalb, weil auch ohne Einleitung städtischer Abwässer die Flüsse verdächtige Zuflüsse in Menge erhalten, die Benutzung von Flußwasser zur Wasserversorgung überhaupt möglichst beschränkt werden sollte. Von diesem Standpunkt aus ist eine stärkere Inanspruchnahme der Flüsse für die Beseitigung von Abfallstoffen entschieden zulässig, und eine solche ist auch vom volkswirtschaftlichen Standpunkt aus wünschenswert. Nur übertriebenen, zu grobsinnlicher Belästigung führenden Verunreinigungen der Flüsse braucht dann entgegengetreten zu werden. — Das Verhältnis zwischen der Menge der Jauche und der Wassermenge kann geradezu verschwindend klein werden; z. B. in Paris ist dasselbe 1 : 13, in Frankfurt 1 : 900, in Biebrich-Wiesbaden 1 : 8000. Zu beachten ist dabei allerdings, daß die Mischung der Jauche mit dem Flußwasser sehr langsam und zunächst immer nur mit einem Teil des letzteren erfolgt. Der Einfluß von Abwässern ist daher immer möglichst in der Strommitte zu bewirken.

Allmählich tritt im Verlauf des Flusses eine Selbstreinigung ein, die bereits S. 118 näher charakterisiert wurde. Dazu kommt die Aufnahme von reinem Grundwasser und reineren Nebenflüssen, so daß nach längeren Strecken das Flußwasser in seinem chemischen Verhalten und in bezug auf den Gehalt an saprophytischen Bakterien ungefähr wieder seine frühere Beschaffenheit zeigen kann. Ob zu dieser Zeit auch die Infektionserreger verschwunden sind, bzw.

wie weit sie unter Umständen transportiert werden können, darüber ist nichts Sicheres bekannt; einige Erfahrungen sprechen für sehr weite Transportierbarkeit virulenter Keime.

In manchen Fällen verträgt der Fluß (z. B. der Rhein im Unterlauf) ohne weiteres die Abwässer anliegender Städte nach ganz oberflächlicher Klärung; meist wird es den hygienischen und volkswirtschaftlichen Grundsätzen besser entsprechen, wenn eine erheblichere Reinigung des Kanalwassers vor dem Einfluß in die Flußläufe stattfindet.

Diese kann entweder nur die suspendierten Stoffe und die Schwimmstoffe betreffen; oder es sind auch die gelösten fäulnisfähigen Stoffe so weit zu beseitigen, daß nach dem Einlassen in den Fluß keine stärkere Geruchsentwickelung, Verfärbung oder Trübung (Verpilzung) mehr zu erwarten ist.

Besondere Berücksichtigung erfordern aus wirtschaftlichen Gründen und behufs Schonung der biologischen Reinigungsanlagen die Fettbeimengungen der Abwässer, die pro Kopf und Jahr bis zu 6 Kilo ausmachen können, in der Hauptsache aber nicht etwa aus dem Speisefett der Haushaltungen, sondern aus dem Fett und der Seife der Wäschereien und mancher Industrien herrühren. Die Gewinnung dieser Fettmengen kann unter Umständen rentabel sein. Ihre Ausscheidung erfolgt durch besondere Behälter, die meist in den einzelnen Häusern, gelegentlich auch zentral für größerere Komplexe, angebracht und nach dem Prinzip des „Kremer'schen Fettfangs“ eingerichtet werden: in einem Zylinder, der oben in eine eigentümlich geformte Glocke endet, steigt das Fett nach oben und sammelt sich unter der Glocke, während das vom Fett befreite Abwasser durch einen äußeren Zylinder oben abläuft.

b) Beseitigung lediglich der Sink- und Schwimmstoffe

kann am einfachsten geschehen durch mechanische Klärung, die als vorbereitende Maßregel bei fast allen Reinigungsmethoden erforderlich ist. Je nach dem beabsichtigten Effekt werden dabei sehr verschiedene Abstufungen eingehalten. Unter Umständen kann sie auch allein zur Reinigung ausreichen. — Man verwendet Rechen; oder Sedimentieranlagen, wie Sand- oder Schlammfänge, Klärbecken, Klärbrunnen, Klärtürme oder chemische Fällungsmittel bzw. das Faulverfahren. —

α) Rechen und Siebe. Bewirken entweder nur grobe Reinigung (Stoffe von mehr als 2—3mm Durchmesser, etwa 10 % der ungelösten Stoffe) bei Abwässern, die nachher weiterer Behandlung unterliegen; oder möglichst weitgehende Feinreinigung mit Beseitigung aller Schmutzteile, die größer als 2—3 mm sind. — In Gebrauch sind Stabrechen, Netzwerke, Drahtharfen, Siebbleche; entweder sind feste Absiebflächen vorhanden, die mit der Hand oder besser maschinell abgestrichen werden; oder sie sind periodisch oder kontinuierlich bewegt.

Von Schneppendahl, Riensch u. a. sind Rechen (Fig. 102) angegeben, deren Zwischenräume verschieden breit sind (3—10 mm) und mit denen je nach Bedarf die gröbsten, mittleren oder feineren Schlammteile kontinuierlich abgefangen werden können (b); durch Bürsten und Kämme wird automatisch der Schlamm von den Rechen auf ein sog. Transportband (d) und durch dieses auf Wagen verladen.

β) Sedimentieranlagen. Bei allen Reinigungsverfahren sind durch Sandfänge Sandbeimengungen und die gröbsten organischen Partikel vor der weiteren Behandlung (z. B. vor dem Eintritt in die

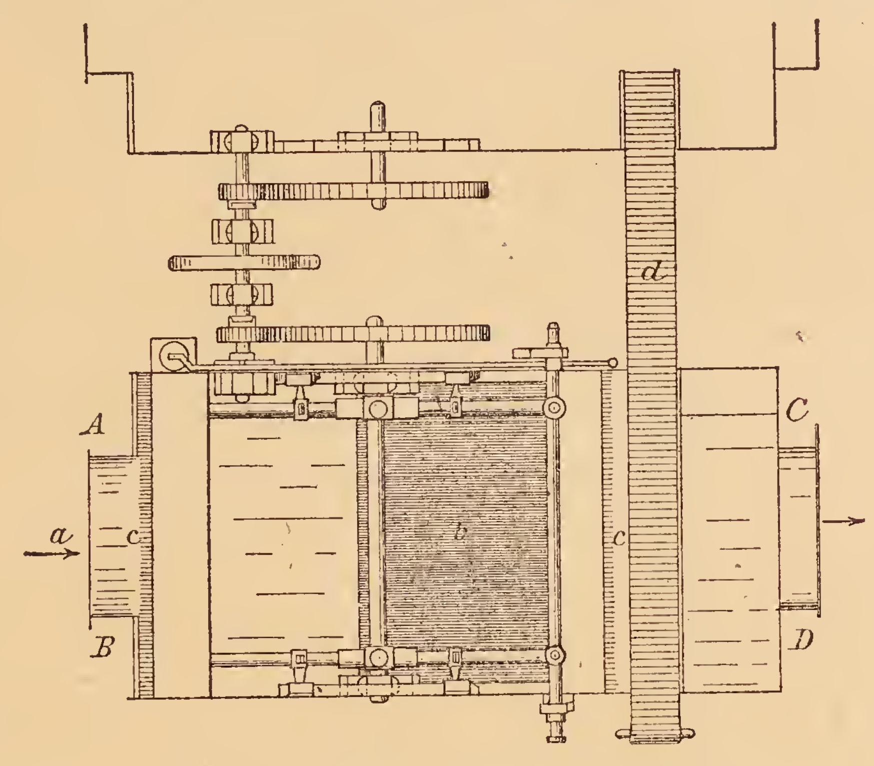


Fig. 102. Rienschs selbsttätige Rechen.

Pumpstation) durch entsprechende Verlangsamung der Strömung und Einbau einer Vertiefung abzuscheiden. Die Wassergeschwindigkeit ist auf 50—200 mm pro Sekunde herabzusetzen. Für die Entfernung des Sandes sind Eimer bzw. maschinell betriebene Bagger im Sandfang angebracht. Vorher bzw. zugleich werden durch Rechen oder Gitter die gröberen schwimmenden Stoffe abgefangen.

Sehr wirksam ist das Einleiten der Abwässer in Klärbecken, in denen durch Erweiterung des Querschnitts stärkere Verlangsamung der Strömung und ein vollständigeres Ausfallen der suspendierten Teile zustande kommt; die Geschwindigkeit soll hier bis auf etwa 4—8 mm pro Sekunde absinken. Die Resultate sind günstig; 60—80 % der überhaupt absetzbaren suspendierten Stoffe werden abgeschieden. Schlammmenge zirka 3 Liter pro 1 cbm

In Kassel (s. Fig. 103a und b) sind unter Fortlassung aller Abfangeinrichtungen mehrere Klärbecken von 40 m Länge, 4 m Breite und 3,5 m Tiefe eingerichtet; nach der Füllung wird jedes Becken einige Stunden abgesperrt und in Ruhe belassen; der oberste Teil des Wassers wird dann in den Fluß geleitet, die nächste Schicht kommt in einen Rücklauf und muß nochmals ein Becken passieren,

Wasserspiegel B
Durch d. ob. Ablaufkanal n. d. Fulda
K
D. d. unt. Ablaufkanal n. d. Pumpenschacht
Durch d. Vacuumapperat abgesaugt
Obere Ablaufkammer
n. d. Fulda
Untere Ablaufkammer
a
b
c

Fig. 103 a.

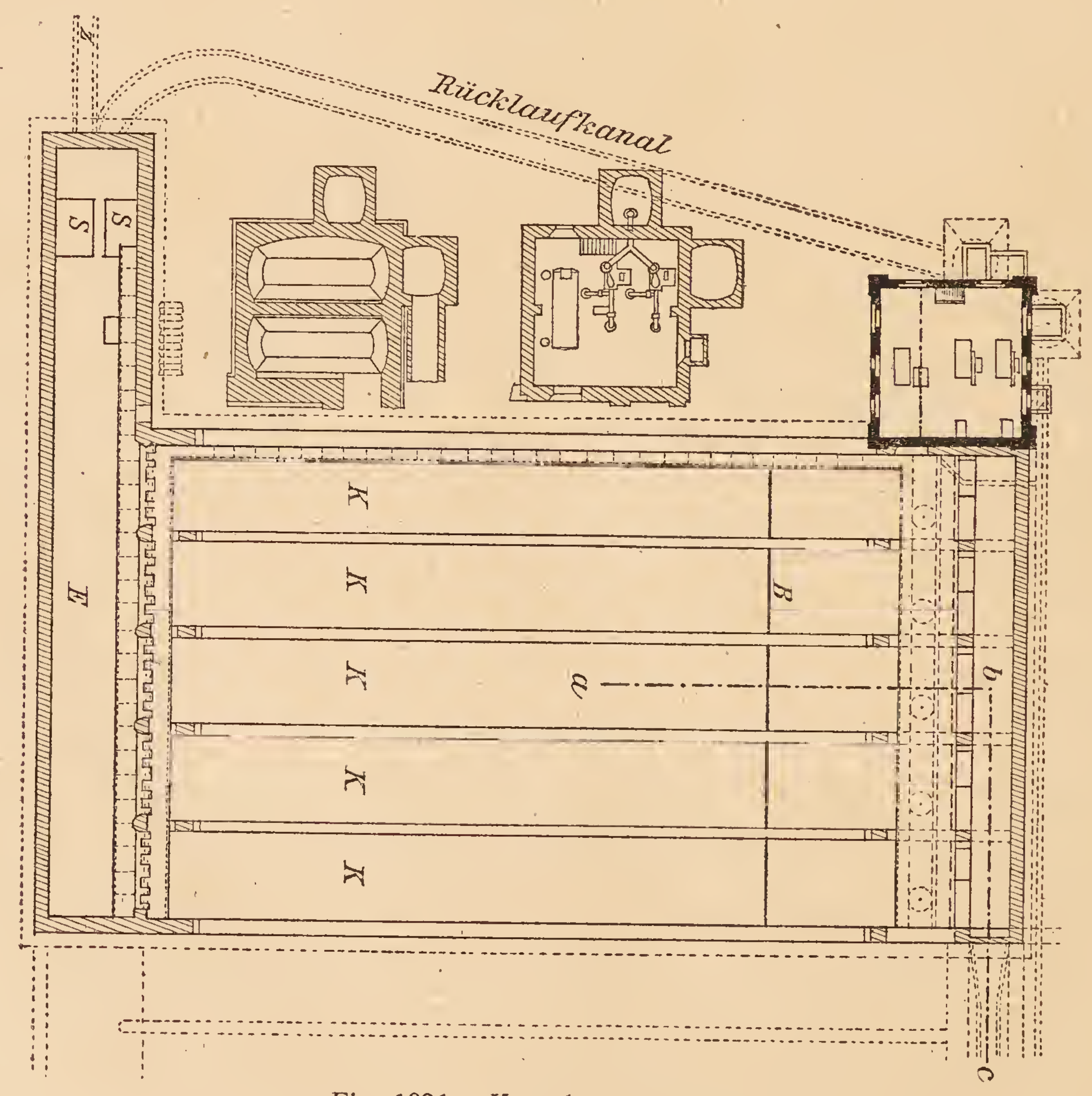


Fig. 103 b. Kasseler Kläranlage.

die unterste Schlammasse wird durch eine Rechenvorrichtung auf der schrägen Sohle des Beckens an der Vorderwand aufgehäuft und von da mittels Vakuumapparates nach dem Schlammlager geführt.

Statt der Becken verwendet man auch Klärbrunnen, bei denen das Abwasser in den unteren Teil des Brunnens geführt wird. Das Abwasser steigt dann aufwärts, die Schmutzstoffe sinken ab (Konstruktionen von Mairich, Scheven, Kremer). Zu- und Ableitung soll möglichst stetig erfolgen. Auch nach Zusatz von Chemikalien (s. unten) werden solche Klärbrunnen mit „aufsteigender Filtration" gern verwendet; als Beispiel diene die in Fig. 104 im Profil abgebildete Wiesbadener Kläranlage, bei welcher zuerst Klärbrunnen, dann ein Klärbecken passiert wird. — Vielfach schafft man in den Becken und Brunnen durch Einbau von Klärschirmen, Holzgittern usw. Attraktionsflächen, durch welche die Ausscheidung der feineren Schwebestoffe begünstigt wird. An der Oberfläche sammelt sich häufig eine stärkere (fetthaltige) Schwimmschicht.

Fig. 104. Profil der Wiesbadener Klärbecken.

Um die Schlammasse zu verringern und das geklärte Wasser außer Berührung mit dem Schlamm zu bringen, sind in den Travis-Becken und den Imhoff-Becken der Emscher-Genossenschaft (Fig. 105) Vorkehrungen getroffen, daß der ausfallende Schlamm auf stark schrägen Flächen abrutscht und durch offene Schlitze in den unten angeordneten Schlammbrunnen gelangt. Der Schlamm ist dadurch vor dem Kontakt mit ungereinigtem Abwasser geschützt. In ihm spielen sich dann Reduktionsprozesse ähnlich wie im Faulraum ab (s. unten), und infolgedessen verliert der Schlamm an Masse, wird konzentrierter und ist nach der Entfernung durch eine Schlammpumpe weniger offensiv. Geklärtes Abwasser bedarf guten Vorfluters oder weiterer Reinigung.

Gute Effekte sind ferner erzielt mit Klärtürmen, in welchen das Abwasser durch Heberwirkung aufwärts bewegt wird. Ein 7—8 m hoher eiserner Zylinder (Rothescher Turm), oben geschlossen, unten offen, taucht in ein Bassin mit dem zu reinigenden Wasser (Fig. 106). Dieser Zylinder repräsentiert den einen Heberschenkel, der andere besteht in einem oben am Zylinder abzweigenden Rohre, das in ein etwas tiefer liegendes Bassin führt und dort unter Wasser endet.

Oben auf dem Zylinder ist ein Verlängerungsrohr (G—H) angebracht, von welchem ein Rohr zu einer Luftpumpe geht. Durch die letztere wird die Luft im Zylinder beim Inbetriebsetzen so lange verdünnt, bis das Wasser über der Mündung des Ablaufrohres steht. Damit beginnt dann die Heberwirkung, welche anhält, solange das Niveau im Abflußbassin tiefer steht als im Zuflußbassin (h). — Um das Kanalwasser gleichmäßig in dem Zylinder zu verteilen, läßt man es einen Stromverteiler aus jalousieartig angeordneten Holzstäbchen

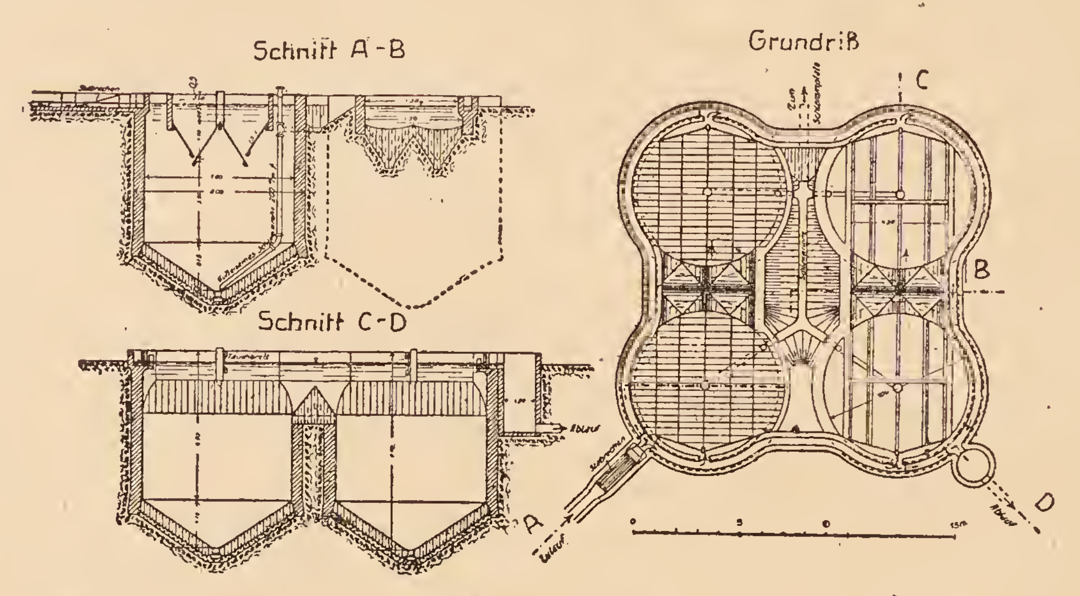


Fig. 105. Kläranlage für 20000 Einwohner, bestehend aus vier Emscherbrunnen (System Imhoff); unter jedem Absitzbecken sind zwei Schlammbrunnen angeordnet.

passieren. Der niedersinkende Schlamm fällt auf diesen Jalousientrichter, das aufsteigende Wasser muß durch denselben hindurchtreten. Bei dieser Begegnung kommt eine sehr gründliche Reinigung zustande.

γ) Zusatz von Chemikalien. Man benutzt die auch für kleinere Abwässeranlagen gebräuchlichen, S. 402 bereits aufgeführten Präparate, besonders Ätzkalk, Tonerde- und Eisensalze oder Kombinationen. Experimentell haben sich Alaun + Kalk, Eisenalaun + Kalk und Ferrisulfat besonders gut bewährt. Ätzkalk hat verschiedene Nachteile; gegen geringen Überschuß sind die Fische sehr empfindlich; ferner macht er NH_3 frei, begünstigt die Fäulnis und setzt den Dungwert des Schlammes herab. Eisensalze sind vorzuziehen, nur geben sie bei H_2S-Gehalt der geklärten Abwässer Schwarzfärbung, sogar im Vorfluter. — Die Zumischung der Chemikalien zum Abwasser erfolgt gewöhnlich in Gerinnen, oft automatisch.

Die entstehenden starken Niederschläge reißen die Schwebestoffe sehr vollständig nieder, 75—85 % werden ausgeschieden. Die gelösten Stoffe werden nur bei Verwendung von Fe-Salzen etwas in Mitleidenschaft gezogen (Eiweißstoffe, Phosphate). Der resultierende Schlamm ist aber bedeutend an Masse, 10—30 Liter pro Kubikmeter, und sehr dünnflüssig; seine weitere Verarbeitung (Trocknung, Vermischen mit Hausmüll, Straßenkehricht u. dgl.) stößt auf die Dauer auf Schwierigkeiten, so daß das Verfahren für städtische Abwässer kaum mehr ange-

wendet wird. Für gewerbliche Abwässer ist dagegen der Chemikalienzusatz oft unentbehrlich.

In Leipzig hat sich der Zusatz von Eisensulfat zum städtischen Abwasser (so viel, daß pro 1 cbm 50 g $Fe_2(OH)_6$ entstehen) dadurch bewährt, daß

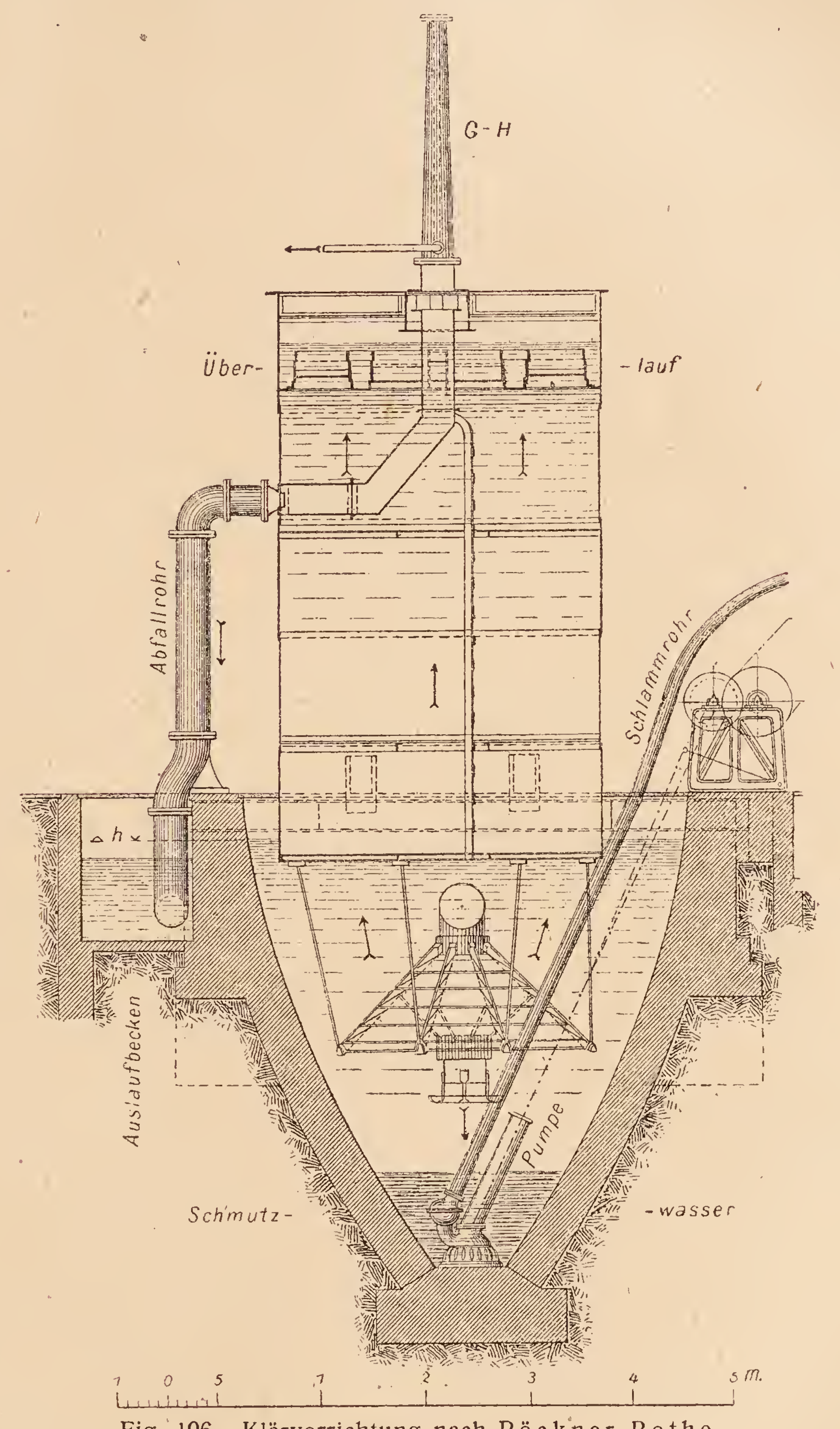


Fig. 106. Klärvorrichtung nach Röckner-Rothe.

man den Schlamm zum Aufbau eines „Schlammberges“ benutzt, von dem der geruchlose und nur Fadenpilzen zur Wucherung dienende Schlamm langsam herabfließt und dabei austrocknet.

δ) Faulkammern. Um den Schlamm, der bei allen Sedimentierverfahren große Schwierigkeiten bereitet, in seiner Menge zu reduzieren

und in seiner Qualität zu bessern, hat man zum Faulverfahren gegriffen (Al. Müller, Cameron, Schweder). Man läßt das Abwasser in eine Art Brunnen fließen, in dem der Schlamm sich unten ablagert, während an der Oberfläche eine Schwimmdecke sich ausbildet. Der von der Luft abgeschlossene Schlamm verfällt der anaëroben Fäulnis; der organische N wird zu NH_3 und N, S-Verbindungen zu H_2S reduziert; Zellulose wird unter CH_4-Entwickelung und Bildung von flüchtigen Fettsäuren vergoren. Durch die anhaftenden Gase werden Schlammfladen nach oben getrieben, die nach dem Gasverlust wieder absinken. Infolge dieser Zerlegung von suspendierten organischen Stoffen tritt eine Konzentrierung ein; während frischer Schlamm zirka 95 % Wasser enthält, findet man im gefaulten 80 % und weniger.

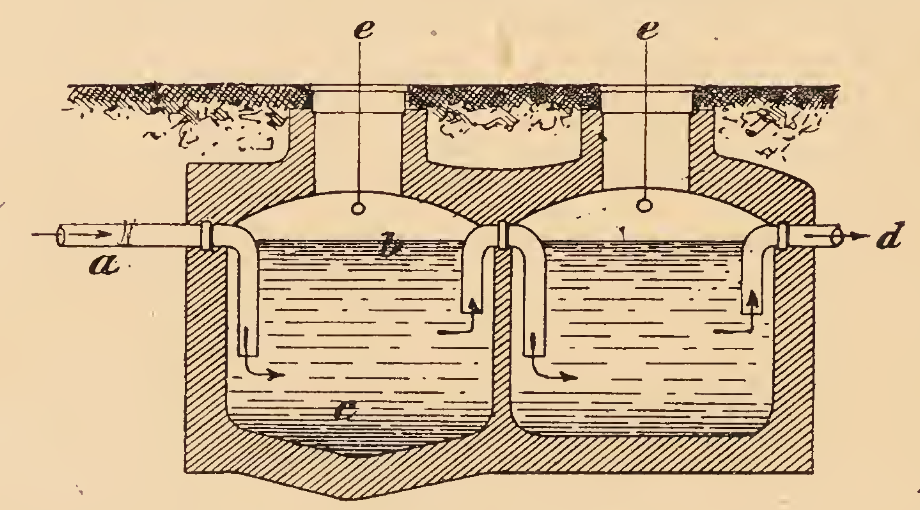


Fig. 107. Faulkammer, schematisch.
a Zulauf. *b* Schwimmdecke. *c* Schlammschicht. *d* Ablauf (event. zum Filter). *e* Entlüftung.

Ein fauliger Geruch tritt nur zutage, solange er reichlich Wasser enthält; etwas getrocknet verhält er sich wie modrig riechende Gartenerde. — Die Schwimmdecke besteht aus aufgetriebenem Schlamm, Fett, Haaren usw.; sie reagiert meist sauer durch die bei der Zellulosegärung entstandenen organischen Säuren. Daher etablieren sich in ihr hauptsächlich Schimmelpilze. Manchmal wird die Schwimmdecke ganz trocken und sehr hart; an der Oberfläche ist sie oft von Massen von Fliegen bedeckt. — Das Abwasser soll 1 bis 2 Tage im Faulraum verbleiben; zweckmäßig ist die Kammer zweiteilig anzulegen. Die Ableitung des Wassers erfolgt aus der mittleren Wasserschicht, die Zuleitung etwas tiefer. Das Abwasser verliert 60—70 % der ungelösten Stoffe, die Oxydierbarkeit nimmt um 30—50 % ab; bei genügender Verdünnung mit Oberflächenwasser pflegt es nicht mehr faulfähig zu sein, jedoch sind nachträglich eingeschaltete Oxydationsfilter zweckmäßig. — Die Entleerung des nicht mehr fäulnisfähigen Schlamms erfolgt in langen Perioden. Zu beachten ist, daß eine Überdeckung der Becken zur Vermeidung von Geruch und Fliegen erwünscht, daß dann aber wegen der (zum Teil explosibelen!) Gase Vorsicht erforderlich ist.

Der wesentlichste Vorteil des Faulverfahrens liegt in der Beseitigung der argen Belästigungen, die bei allen Reinigungsverfahren der Abwässer von den großen sich ansammelnden Schlammassen ausgehen. Statt des Ausfaulens scheint man allerdings in den letzten Jahren in manchen Städten auch durch Zentrifugieren des Schlamms eine rasche Abnahme des Wassergehalts bis auf etwa 60 % erzielt zu haben, und dieser Schlamm hat sich dann, ohne stärkere Belästigung zu liefern, weiter trocknen und schließlich als Brennmaterial benutzen lassen.

c) Beseitigung auch der gelösten organischen Stoffe.

Die Befreiung des Abwassers von Sinkstoffen kann bei entsprechenden Vorflutverhältnissen genügen, um jede Belästigung durch das geklärte Abwasser auszuschließen. Bei ungünstigem Vorfluter sind aber die gelösten organischen Stoffe oft noch ausreichend, um Fäulnis und üble Gerüche oder Verpilzungen zu veranlassen. Die vorstehend aufgezählten Verfahren der Klärung haben auf diese löslichen Stoffe wenig oder gar nicht Rücksicht genommen. Ihre Beseitigung kann nur gelingen durch ein sogenanntes biologisches Verfahren, d. h. einen Kontakt mit porösem, zu Flächenwirkungen geeignetem Material, bei dessen Einarbeitung und Leistung Organismen eine wichtige Rolle spielen. — Zu unterscheiden sind:

1. Bodenfiltration. Der Boden ist nach den Seite 97 gegebenen Ausführungen zur Reinigung der Kanaljauche vorzüglich geeignet. Feinporiger Boden hält alle suspendierten Teile, Gase, fermentartige und eiweißartige gelöste Stoffe energisch zurück; dann entwickelt sich, sobald seine Poren stets oder zeitweise mit Wasser und Luft gefüllt sind, ein reges Bakterienleben und dadurch eine vollständige Mineralisierung des Stickstoffs und Kohlenstoffs.

Eine gute Reinigung der Kanalwässer erfolgt mittels intermittierender Filtration. 1 cbm geeigneter Boden vermag etwa 40 Liter Kanalwasser in Stauteichen zu reinigen; also sind bei einer 2 m tiefen Schicht des Bodens für 100 000 Menschen etwa 20 ha Boden in Arbeit zu nehmen. Die Filtration hat bei vorsichtiger Behandlung und nach Vorausschickung einer mechanischen Reinigung zunächst guten Effekt. Schließlich verschlammt die obere Bodenschicht und muß künstlich gelockert werden. Der Boden bleibt anhaltend feucht, es fehlt an lufthaltigen Poren, und die Nitrate häufen sich an; diese Umstände beeinträchtigen die fernere Mineralisierung, und der übersättigte Boden liefert große Mengen stinkender Gase. Es muß dann anderes Bodenterrain für die Filtration bereit sein.

2. Berieselung. Die Nachteile der Bodenfiltration werden vermieden, wenn man auf dem zur Reinigung benutzten Boden Pflan-

zungen anlegt. Die Pflanzen konsumieren die Nitrate, sie lockern mit ihren Wurzeln die oberen Bodenschichten und bringen außerordentlich viel Wasser zur Verdunstung. Dadurch machen sie ein Feld immer wieder geeignet zur Aufnahme und Reinigung neuer Jauche. Zugleich kann in dieser Weise eine gewisse landwirtschaftliche Verwertung des Stickstoffs und der Phosphorsäure der Jauche stattfinden.

Entweder besteht die Berieselung in einer Bewässerung, wobei die Jauche oberflächlich über das Land wegläuft (Hang- oder Rückenberieselung) und in gewisser Tiefe wieder abgeführt wird. Oder häufiger vermeidet man die Berührung der Pflanzungen mit dem Abwasser und läßt dieses in zahlreichen Gräben, die nicht voll gefüllt werden, seitlich in die 20—40 m langen und 1 m breiten Beete und zu den Wurzeln der Pflanzen eintreten (Beetbau). Drainage des Bodens ist unerläßlich; unterläßt man sie, so steigt das Grundwasser bald mächtig an und das Terrain versumpft. — Lehm- und humushaltiger Boden ist am geeignetsten. Bei zu starkem Lehmgehalt entstehen leicht Sprünge und Risse, die zu unvollkommener Reinigung führen. — Die suspendierten Stoffe und die Bakterien werden vollständig zurückgehalten. Die gelösten organischen Stoffe werden um 60—80 %, die anorganischen um 20—60 % vermindert. Ammoniak und Phosphorsäure bleiben beinahe ganz, Schwefelsäure wenig, Chlor fast gar nicht im Boden zurück. — Natürlich kann auch bei der Berieselung Übersättigung des Bodens eintreten; es muß daher ein geordneter Betrieb eingehalten werden, zu welchem viel disponibles Land gehört. Erfahrungsgemäß ist für je 4—500 Menschen mindestens 1 ha zu rechnen.

In einzelnen Häusern und ländlichen Siedelungen, wo die Fäkalien z. B. durch Eimer mit Torfstreu (s. S. 401) beseitigt werden, können die Hauswässer zu einfacher Berieselung von Garten- und Rasenflächen Verwendung finden; pro Person ist etwa 125 qm Gartenfläche, bei schwerem Boden mehr, erforderlich.

Besondere Aufmerksamkeit hat man der Frage der Verbreitung von Infektionskrankheiten durch die Rieselfelder zugewendet.

Da in der Kanaljauche eine gewisse Anzahl von Infektionskeimen stets enthalten ist und da keine baldige Vernichtung derselben im Boden erfolgt, so müßte man eigentlich erwarten, daß die Rieselfeldarbeiter, die doch in vielfache Berührung mit der frisch imprägnierten Erde kommen, Infektionen sehr ausgesetzt sind. Aber offenbar ist die Kanaljauche auch schon ehe sie auf die Rieselfelder kommt, nicht so gefährlich, als vielfach angenommen wird. Die Kanalarbeiter beschmutzen sich täglich mit Resten der Jauche oder der Sinkstoffe; die Arbeiter am Sandfang sind fortgesetzt den Berührungen mit Sinkstoffen exponiert; und doch wird auch unter dieser Kategorie von Arbeitern durchaus kein

häufigeres Auftreten von Infektionskrankheiten beobachtet. Diese relative Unschädlichkeit des Kanalinhalts ist einmal auf die starke Durchmischung und Verdünnung des Inhalts zurückzuführen. Zweitens beruht die Ungefährlichkeit darauf, daß Berührungen der Schleimhäute nur in geringem Umfang und mit minimalen Bruchteilen des Kanalinhalts stattfinden. Daß trotzdem hier und da Infektionen vorkommen, ist natürlich nicht ausgeschlossen. Aber diese repräsentieren Kuriosa, die sich nicht gegen die hygienische Zulässigkeit der ganzen Anlage ins Feld führen lassen.

Eduardsfelder Verfahren. In Eduardsfelde bei Posen hat man einige Jahre hindurch den Grubeninhalt (nur Fäkalien) durch Besprengen von Ackerflächen nutzbar zu machen gesucht. Eine Druckluftleitung befördert die

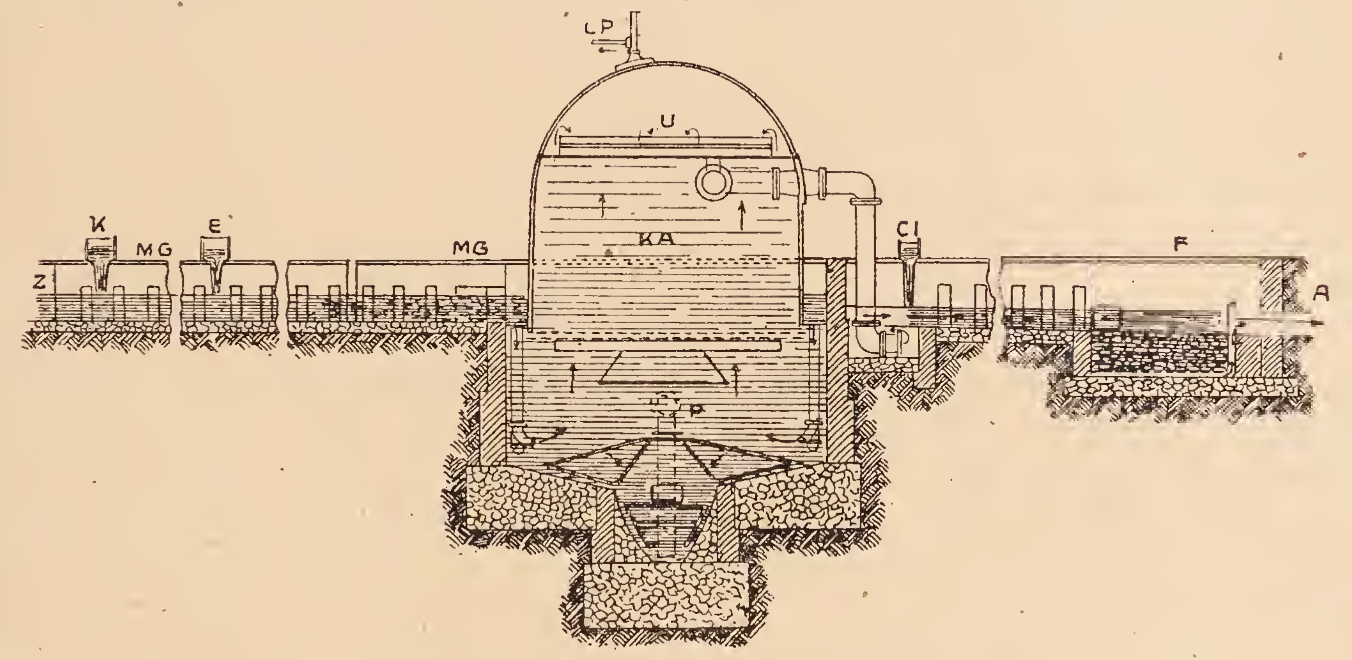


Fig. 108. Kohlebreianlage, schematisch.
Z Zufluß. *K* Kohlebreizusatz. *MG* Mischgerinne. *E* Zusatz von Fe-Salz. *LP* Zur Luftpumpe. *KA* Klärturm. *U* Überlauf *Cl* Chlorkalkzusatz. *F* Filter. *A* Ablauf.

Massen von der Sammelgrube auf die Felder; an ihrem Ende befindet sich eine oberirdische tragbare Verteilungsleitung und ein langer Schlauch mit Mundstück. Das Besprengen wird auch nach dem Aufgehen der Saat fortgesetzt (Kopfdüngung). — Das Verfahren ist unappetitlich, und Bedenken bezüglich der Verbreitung von Krankheitserregern lassen sich nicht unterdrücken, namentlich wenn städtische Kanalwässer versprengt werden. Als Ersatz städtischer Rieselfelder ist das „Eduardsfelder System" daher nicht zu empfehlen; als Ergänzung von Rieselfeldern kann es hier und da in Betracht kommen.

3. Untergrundberieselung. Für einzelne Häuser und Kleinhaussiedelungen bei lockerem Boden gut geeignet. Das Abwasser (ohne Regenwasser) kommt nach dem Passieren von Gitter und Sandfang in einen zweikammerigen Faulraum, auf 10tägige Aufenthaltsdauer berechnet; von da in 50 mm weite Versickerungsstränge, die 0,3—0,5 m tief unter der Oberfläche in grobes Schottermaterial eingelegt sind; 1,5 bis 2 m Abstand, 1 : 500 Gefälle. Pro Kopf ist 15—20 m Leitung und 20—30 qm Rieselfläche zu rechnen.

4. Kohlebreiverfahren von Degener benutzt zur Absorption der fäulnisfähigen gelösten Stoffe Humussubstanzen, am besten in Form von feinpulveriger Braunkohle (weniger gut in Form von altem Torf). Die Kohle (Abfallkohle) wird gemahlen und als dünner Brei zugesetzt, 1½—3 kg pro Kubikmeter, welche mit den Humusstoffen unlösliche grobflockige Niederschläge geben, die alle feinen Schwebeteile der Jauche umhüllen. Darauf erfolgt die Scheidung des Niederschlags von der klaren Flüssigkeit im Rotheschen Turm (s. oben). Der Schlamm (20—30 Liter pro Kubikmeter) trocknet leicht und liefert keinen Gestank; er wird als Brennmaterial oder zur Herstellung von Gas verwendet. Die Reinigung ist sehr vollständig; von den suspendierten Stoffen werden 93 %, von den gelösten organischen 65 % beseitigt, die Oxydierbarkeit nimmt um 70 bis 80 % ab.

5. Oxydationsverfahren. Wie oben betont wurde, ist der Effekt der Bodenfiltration und Berieselung sehr abhängig von der richtigen mechanischen Struktur des Bodens. Es liegt nahe, künstlich ein Material herzustellen, das den an eine biologische Reinigung zu stellenden Anforderungen besser entspricht, und dadurch die Leistungsfähigkeit der Kläranlage gegenüber den natürlichen Bedingungen außerordentlich zu steigern.

Es werden Oxydationskörper verwendet, zu deren Aufbau man grobporiges Material, Koks in 7 mm großen Stücken, oder zerkleinerte Schlacken in Stücken von 3—7 mm, oder zerschlagene Ziegel benutzt. Je größer die Oberfläche der Materialstücke, um so besser die Wirkung; der Feinkörnigkeit sind jedoch durch die quantitativen Leistungen Grenzen gezogen. Der Oxydationskörper soll auf das Abwasser wirken a) durch Abfiltrieren von Schwebeteilchen, die ein Benetzungshäutchen (den „organischen Filz“) auf den rauhen Oberflächen bilden; b) durch Adsorption, die von der stark vergrößerten Oberfläche der Bröckchen ausgeht; zum Teil auch durch chemische Bindung; c) durch gleichzeitige Adsorption von Sauerstoff, mit dessen Bindung kräftige Oxydation einsetzt; d) durch Enzyme verschiedener Art; e) durch Mikroorganismen, die auf Kosten der Abwässerstoffe wuchern; f) durch höhere Tiere, Würmer, Insekten, die sich am Verzehren der Stoffe oder der kleineren Lebewesen beteiligen.

Entweder erfolgt die Beschickung der Filter intermittierend (Stauverfahren). Das eingestaute Abwasser bleibt 1—2 Stunden im „Füllkörper“; dann wird das Abwasser abgelassen und die Poren des Filters werden dabei mit Luft vollgesogen. Nach einigen Stunden kann wiederholte Beschickung erfolgen; doch leidet die Aufnahmefähigkeit des Filters durch zu rasche Folge.

Man baut entweder einstufige Filter mit 3—7 mm Korngröße oder zweistufige und in diesen den Primärkörper mit 10—30 mm großem Korn und den

Sekundärkörper mit 3—7 mm. Die Höhe soll nicht über 1 m betragen. — Wichtig ist eine gewisse Einarbeitung jedes Filters, die auf der Anhäufung organischer Stoffe von hohem Absorptionsvermögen beruht. Im Anfang ist der qualitative Reinigungseffekt immer gering; er bessert sich stetig, bis das Filter schließlich quantitativ im Stich läßt. Die Filterporen zeigen sich gegen Ende mit einem feinen Schlamm erfüllt, von dem das Filter durch Reinigung befreit werden muß, wenn der Porengehalt auf weniger als 25% gesunken ist.

Die an den absorbierten fäulnisfähigen Stoffen vor sich gehenden Verwesungsprozesse lassen sich nachweisen; es bilden sich Nitrifikationsprodukte, die bei längerem Verweilen im Kontaktkörper auch wieder zu salpetriger Säure und Stickstoff reduziert werden können.

Oder das Aufbringen des Abwassers geschieht kontinuierlich, indem man letzteres langsam durch das freistehende Filter

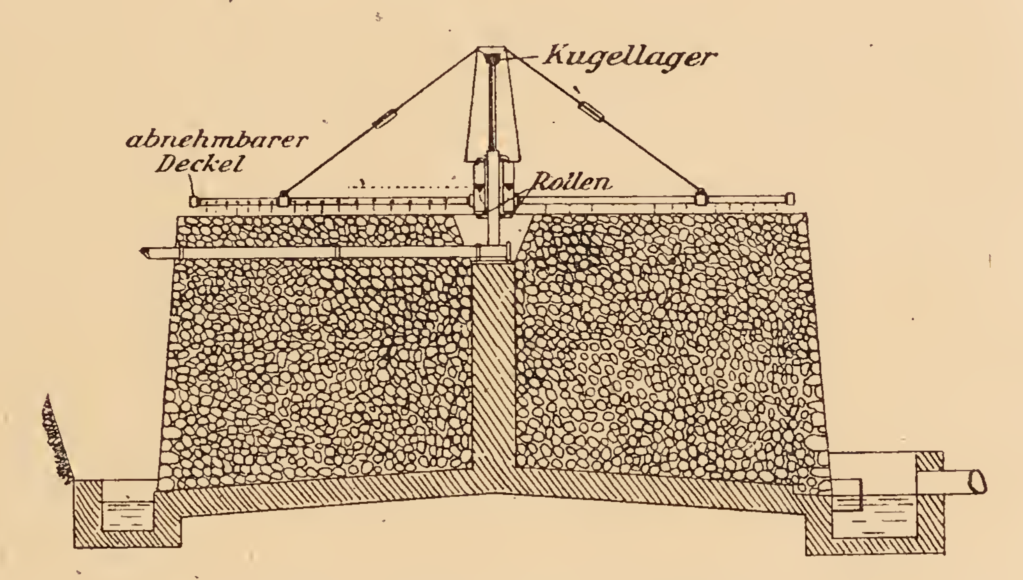


Fig. 109. Offener Tropfkörper mit Drehsprenger (1/100 nat. Größe)

hindurchsickern (tropfen) läßt, so daß stets gleichzeitige Einwirkung des Kontaktmaterials und des Luftsauerstoffs erfolgt (Sprinkler- oder Tropfverfahren, Tropfkörper). Gröberes Filtermaterial; das gleiche Volum reinigt dreimal soviel Abwasser als beim Stauverfahren; Raumersparnis; geringere Baukosten. Die Verteilung des Abwassers geschieht durch ein gelochtes Rohr (Sprenger, Sprinkler, meist automatisch beweglich, wie die bekannten Rasensprengapparate), oder durch Kipptröge, die sich automatisch in kurzen Perioden entleeren, dann durch Furchen, Horden u. dgl.; oder durch Überlaufrinnen; oder durch eine im obersten Teil befindliche feinere Deckschicht in Form einer flachen Schale. Aufbau z. B. zu unterst 40—100 cm kindskopfgroße Stücke, dann 10 cm gänseeigroße, dann 10 cm solche von 10—30 mm Korn usw. Am Ende ein Absitzbecken, um die geruchlosen, braunen Schlammteilchen des gereinigten Wassers abzufangen. Auch hier sind Schlammfänge und andere Einrichtungen zur mechanischen, eventuell auch chemischen Vorklärung anzubringen. Die Reinigung im Oxydationsfilter geht um so besser von-

statten, eine je gleichmäßigere und homogenere Flüssigkeit die aufgebrachten Abwässer darstellen. Erfolgt die Vorreinigung durch Schlammfänge, Gitter u. dgl., so sind die Oxydationskörper ein und mehrere Male im Jahre zu reinigen, erfolgt sie durch Klärbecken oder Faulräume, so geht der Betrieb mehrere Jahre fort. Ist ein Faulraum vorgeschaltet, so ist übrigens die Geruchsentwicklung eher stärker und die Reinigung im Filter unvollkommener. — Wie bedeutend die Raumersparnis durch die künstlichen biologischen Verfahren ist, erhellt daraus, daß 1 ha Rieselfeld das Abwasser von 500 Menschen reinigt, 1 ha Staufilter

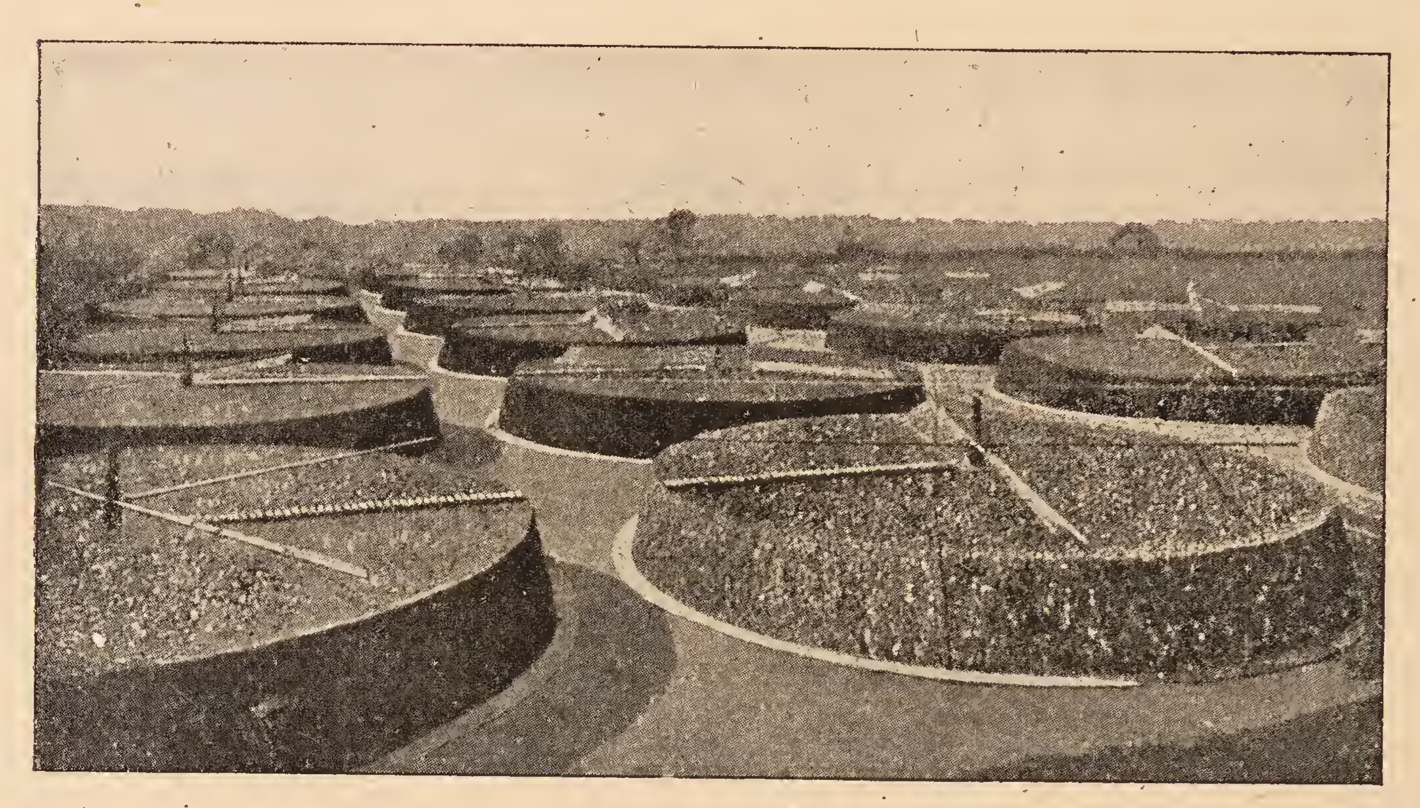


Fig. 110. Ansicht der Wilmersdorfer Tropfkörper (in Stahnsdorf bei Berlin)

dagegen das von 50 000, 1 ha Tropffilter sogar das von 200 000 Menschen herrührende Abwasser (ohne Vorreinigung usw.).

Als Beispiel einer modernen Tropfkörperanlage möge die Abwässerreinigung für Wilmersdorf (mit Anschluß an Zehlendorf, Teltow usw.) dienen (Fig. 110), die zunächst für 200 000 Menschen, bzw. 20 000 cbm Abwasser pro Tag (etwa 75% nach dem Trennsystem, 25% nach dem Mischsystem kanalisiert) bestimmt ist. Im ganzen sind 67 ha Terrain verfügbar, davon sind jetzt 20 ha bedeckt. Die Tropfkörper haben 2,5 m Höhe, 20 m Durchmesser, 750 cbm Inhalt; ein Körper reicht für 3 700 Menschen, also für je 1 cbm Abwasser 2 cbm Tropfkörper; sie sind aufgebaut aus Schmelzkoks von Faust- bis Kopfgröße. Oben befindet sich ein rotierender Sprinkler mit 10 mm weiten Löchern. — Zur Vorreinigung dienen 6 Schlammbecken (für je 1 cbm Abwasser 0,5 cbm); zur Nachreinigung wieder 6 Becken (für 1 cbm Abwasser 0,25 cbm) und dann noch 28 000 qm Sandfilter, die in diesem Falle zugefügt sind, weil der Rezipient nur ein Feldgraben ist, der schließlich in den Teltowkanal mündet. Für den Schlamm sind 13 Schlammablagerungsbecken vorgesehen. — Belästigung durch Geruch ist gering, stärker durch Psychodafliegen, die im Sommer bis 150 m von der Anlage störend werden.

6. Fischteichverfahren. Von der Erfahrung ausgehend, daß die Abläufe von Rieselfeldern mit Vorteil einer weiteren Reinigung in Fischteichen unterzogen werden konnten, sind von Hofer Fischteiche als ausschließliches Reinigungsmittel für die Abwässer nicht zu großer Siedlungen empfohlen. Für 2—3000 Menschen genügt 1 ha Fläche; die Teiche sollen in der Mitte 60, am Rande 30 cm tief sein. Der Zufluß des mit der 2—3fachen Menge Bach- oder Flußwasser vermengten Abwassers muß an zahlreichen (10—20) Stellen erfolgen. Schilf ist zu beseitigen, Kalmus anzupflanzen; Schlammwürmer, Krustazeen usw. sind erforderlichenfalls auszusetzen; ebenso Fische, besonders Karpfen, auch Enten. — Die Pflanzen und Tiere verarbeiten die gesamten Abwasserstoffe und führen sie größtenteils in Fischfleisch über, ohne daß Belästigungen von den Teichen ausgehen.

Eine vollständige Beseitigung der Bakterien und Krankheitserreger erfolgt durch keines der letztbeschriebenen Systeme hinreichend vollständig. Ist eine solche erforderlich, so muß dauernd oder zeitweise eine gesonderte Desinfektion der Abwässer erfolgen, und zwar ist diese stets bei den bereits geklärten Abwässern zu applizieren (vgl. Fig. 108), da in diesen die Krankheitserreger mit viel geringeren Mengen von Desinfizientien abgetötet werden, als in der ungeklärten Jauche. Die Desinfektion soll nicht einer Sterilisierung gleichkommen und alle Sporen von Saprophyten vernichten; sondern es genügt, wenn nach der Desinfektion Repräsentanten der Koligruppe nicht mehr lebensfähig sind. In vielen Fällen wird es genügen, wenn nur zeitweise, zu Epidemiezeiten und bei Abwässern bestimmter Gebäude, z. B. der Krankenhäuser, eine Desinfektion der Abwässer verlangt wird. — Als bestes und billigstes Desinfiziens ist Chlorkalk ermittelt; 0,1 Promille bei 15 Minuten langer Einwirkung reicht für gut geklärte Jauche aus; mit Rücksicht auf die Fische, die gegen Chlor sehr empfindlich sind, muß unter Umständen eine Neutralisierung mit Eisenvitriol auf die Desinfektion folgen.

Über die Kosten der verschiedenen Systeme zur Entfernung läßt sich sehr schwer eine Vergleichung aufstellen. Anlagekosten, Betriebskosten, inkl. der Kosten der Schlammbeseitigung, der Platzbedarf für die Reinigungsanlagen, die Regelung der Vorflut kommen dabei in Betracht. Oft liefert die Rechnung für die ersten Betriebsjahre günstige Ergebnisse und erst später ergeben sich Schwierigkeiten, deren Beseitigung viel Unkosten verursacht. Städte an großen Wasserläufen und mit guten Vorflutverhältnissen sind von vornherein günstiger daran; müssen in anderen Städten auch die gelösten Stoffe beseitigt werden, so erwachsen daraus neue Kosten.

5. Beseitigung gewerblicher Abwässer.

Gewerbliche Abwässer verunreinigen häufig die Flußläufe und gelegentlich auch das Grundwasser. Sie enthalten teils mineralische Gifte, teils große Mengen organischer fäulnisfähiger Stoffe, teils Kontagien.

Mineralische Gifte finden sich z. B. in den Abwässern von Zinkblende- und Schwefelkiesgruben (Zinksulfat, Schwefelsäure), von Drahtziehereien (Schwefelsäure, Eisensulfat, Kalk), von Sodafabriken (Kalk, Arsen, Schwefelwasserstoff, Kalziumsulfid, Natriumsulfid), der Kaliindustrie (namentlich Chlormagnesium), von Chlorkalkfabriken (Salzsäure, Arsen), von Schnellbleichen (Chlorkalk), von Färbereien (Kupfer-, Blei-, Antimon-, Arsenverbindungen), von Gerbereien (Kalk-, Arsenverbindungen).

Große Mengen organischer, fäulnisfähiger Stoffe liefern in ihren Abwässern die Stärkefabriken (1—4 g organische Stoffe in 1 Liter), Leimsiedereien (ca. 2 g o. St. in 1 Liter), Bierbrauereien (1 g o. St. in 1 Liter), Zuckerfabriken (2—3 g feste Bestandteile, 0,3 g o. St. in 1 Liter), Papierfabriken (1—4 g o. St.), Sulfit-Zellulosefabriken (außerordentlich große Mengen o. St., außerdem Kaliumsulfit), Wollwäschereien (bis 30 g o. St.), Tuchfabriken und Färbereien (oft intensive Färbung des aufnehmenden Wassers), Gerbereien, Schlachthäuser.

Kontagien können enthalten sein in den Abwässern der Zubereitungsanstalten für Tierhaare, der Schlächtereien und Gerbereien.

Schwere Gesundheitsschädigung der Anwohner kann von mineralischen Giften ausgehen. Arsenhaltige Abwässer bzw. feste Abfälle der Anilinfarbenfabriken und der Gerbereien (falls hier Arsenverbindungen zum Enthaaren benutzt werden), haben mehrfach zu chronischer Arsenvergiftung der Umwohner mit zum Teil tödlichem Ausgang geführt. Die Verbreitung kann dabei nicht nur durch Bäche und Flüsse erfolgen, sondern bei grobporiger Beschaffenheit der wasserführenden Bodenschichten auch durch Grundwasserbrunnen, vgl. S. 129.

Am sinnfälligsten ist die Verunreinigung der Bäche und Flüsse durch schlammbildende, färbende und fäulnisfähige Stoffe. Wie bereits oben betont wurde, kommen die extremsten Grade von Flußverunreinigung nicht sowohl durch städtische Abwässer, als vielmehr durch Industrieabwässer zustande. Verpestender Geruch geht von solchen Flüssen auf weite Entfernungen aus und belästigt die in der Nähe angesiedelten Menschen; der Lauf des Wassers wird durch die Schlammablagerung und die Verpilzung der Oberfläche immer mehr gehemmt; jede Benutzung des Wassers ist durch seine Trübung, seine Farbe und seinen Gestank unmöglich geworden; die Fischzucht wird geschädigt oder muß völlig aufhören.

Eine Reinigung der Industrieabwässer vor dem Einlauf in die Flüsse ist daher fast stets erforderlich. Die schwierige Frage ist nur, bis zu welchem Grade eine solche Reinigung verlangt werden soll. Die Industrie kann der Flüsse als natürlicher Rezipienten ihrer Ab-

wässer nicht entraten, und vollständige Reinigung der letzteren ist gewöhnlich nur mit einem Kostenaufwand zu leisten, den die Industrie nicht tragen kann.

Nach der geltenden Rechtsprechung kann auch der Unterlieger nicht ein völliges Reinhalten des Flußlaufs seitens der Oberlieger verlangen. Es wird vielmehr nur der Grundsatz festgehalten, daß die in einen Fluß geleiteten Abwässer „nicht über das Gemeinübliche hinaus" verunreinigt sein dürfen. Summieren sich im Lauf eines Flusses zahlreiche vorschriftsmäßig gereinigte Fabrikabwässer, so kann doch die Verunreinigung des Flußwassers so hochgradig werden, daß dieses für mancherlei Zwecke nicht mehr verwendbar ist; ein Einspruch des Unterliegers ist dann aber nicht begründet.

Die suspendierten, verschlammenden Teile der Abwässer sollten stets so weit beseitigt werden, daß die Abwässer an der Einlaufstelle klar und durchsichtig erscheinen. Dies ist durch die oben beschriebenen mechanischen und chemischen Klärmethoden relativ leicht zu erreichen. Hintereinander angebrachte Klärteiche und Klärgruben mit Zusätzen von Tonerde- oder Eisensalzen pflegen das Erforderliche zu leisten (Verfahren von Liesenberg, Hulva u. a.) und haben gegenüber den industriellen Abwässern leichteren Erfolg wie gegenüber den sehr variabeln städtischen Abwässern.

In vielen Fällen genügt aber die Klärung der Abwässer allein nicht. Gelangen sie in kleine und langsam fließende Wasserläufe, so zeigt sich in diesen oft dennoch stinkende Fäulnis und eine solche Verpilzung des Wassers, daß dadurch eine Hemmung des Abflusses und Ablagerung von faulenden festen Massen entstehen kann.

Um auch die löslichen Bestandteile der Abwässer so weit zu vermindern, daß keine sinnfällige Fäulnis und keine Verpilzung des Wasserlaufs mehr eintreten kann, müssen die oben aufgeführten Mittel: Berieselung, Bodenfiltration, Oxydationsverfahren zur Anwendung kommen. In vielen Betrieben ist damit in der Tat ausreichende Wirkung erzielt. Der Bodeneinfluß versagt aber zuweilen, z. B. bei den Zuckerfabriken, so daß kompliziertere Verfahren nötig werden.

6. Untersuchung der Abwässer.

Um den Effekt einer Reinigungsanlage und die Einwirkung eines Abwassers auf den Vorfluter zu beurteilen, sind zu verschiedenen Zeiten Proben des ungeklärten und des geklärten Abwassers, sowie Proben aus dem Rezipienten vor und nach Einlauf des geklärten Wassers zu entnehmen. Mit den Probenahmen ist eine sorgfältige Prüfung auf sinnfällige Änderungen zu verbinden. Mit den Proben ist anzustellen:

a) eine Vorprüfung. Die Durchsichtigkeit ist anzugeben in der Schichthöhe in Zentimetern, durch die Snellen 1 noch gelesen werden kann. — Der Geruch wird sofort, aber auch nach achttägigem Verweilen bei 26° oder zweitägigem bei 37° festgestellt.

b) Chemische Untersuchung.

α) Bestimmung der Oxydierbarkeit mit Kaliumpermanganat (wie beim Trinkwasser). Ein Abwasser ist der stinkenden Fäulnis nicht mehr fähig, wenn die Oxydierbarkeit um 60—65% abgenommen hat.

β) Methylenblauprobe. Aus einer alkoholischen konzentrierten Lösung von Methylenblau-B. (Kahlbaum) wird eine 0,05%ige wäßrige Lösung hergestellt. Davon gibt man 0,3 ccm auf den Boden eines 50 ccm-Fläschchens, das man mit dem unfiltrierten Abwasser ohne Luftblasen ganz füllt und verschlossen bei 28—37° hält. Ist nach 6 Stunden die Farbe erhalten, so ist die Reinigung genügend, andernfalls Entfärbung durch H_2S oder Bakterien.

γ) Bleipapier, in die geschlossene Flasche eingehängt, soll nach 2 bis 7 Tagen bei 37° noch keine Bräunung zeigen.

δ) Carosche Reaktion auf H_2S und gebundenen S, sofort und nach 2 Tagen bei 37°, ergibt Blaufärbung durch Bildung von Methylenblau (Caroschès Reagens = Mischung von 1 g Paraamido-dimethylanilin + 300 HCl vom spez. Gew. 1,19 + 100 ccm 1%ige Fe_2Cl_6-Lösung. In brauner Flasche aufbewahren!)

c) Mikroskopische Untersuchung des mittels Planktonnetz entnommenen Wassers. Das Auftreten bestimmter pflanzlicher und tierischer Lebewesen (auch Muskelfasern, Kartoffelstärke) bietet dem geübten Beobachter wertvolle Anhaltspunkte zur Beurteilung des Verunreinigungsgrades eines Oberflächenwassers (Kolkwitz). Im allgemeinen läßt sich sagen, daß in unreinem Wasser Würmer, Insektenlarven, reichlich Protozoen, und zwar die S. 131 besprochenen Poly- und Mesosaprobier, ferner Blaualgen, gewisse Wasserpilze und zahlreiche Bakterien vorkommen; in reinem Wasser Schnecken, Muscheln, Flohkrebse, Diatomeen, grüne Algen, von Protozoen einige Oligosaprobier, Bakterien.

Besonders wichtig sind gewisse Wasserpilze, weil sie an den Verpilzungen der Wasserläufe beteiligt sind. — In reinem Wasser (auch Trinkwasser, Leitungsröhren) kommen vor Leptothrix, Crenothrix; in Wasser und in gestandenem (nicht frischem) Abwasser Cladothrix; in mäßig verunreinigtem Abwasser Leptomitus lacteus; bei stärkerer Verunreinigung Beggiatoa alba und Sphaerotilus natans.

1. Leptothrix. 1—2 μ dicke Fäden mit zarten Scheiden. Häufig ist eine auf Wasserpflanzen parasitierende Art; eine andere mit Ockereinlagerung in die Scheiden (Fig. 111).

2. Crenothrix. Fäden 2—7 μ dick, an festem Substrat haftend. Der Inhalt der Fäden teilt sich innerhalb der umgebenden Scheide in kurze Querstücke, und diese zerfallen in kleinere runde Segmente; aus solchen kugligen Elementen können neue Fäden hervorwachsen. — Häufig in Brunnen und Wasserleitungsröhren, wenn das Wasser eisen- oder manganhaltig ist. (Fig. 112. Vgl. S. 121.)

3. Cladothrix. Fäden bis 2 μ dick, charakterisiert durch falsche Astbildung. (Fig. 113.) Neuerdings als Hungerform von Sphaerotilus natans bezeichnet.

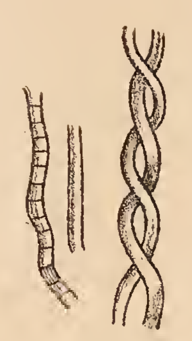


Fig. 111. Leptothrix nach Mez. 750 : 1.

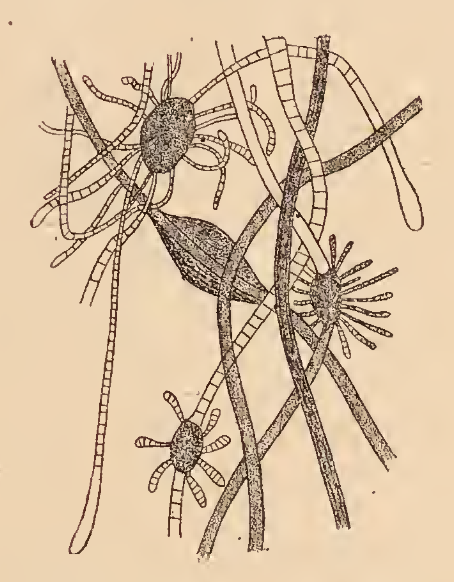


Fig. 112. Kleine Rasen von Crenothrix polyspora nach F. Cohn. 350 : 1.

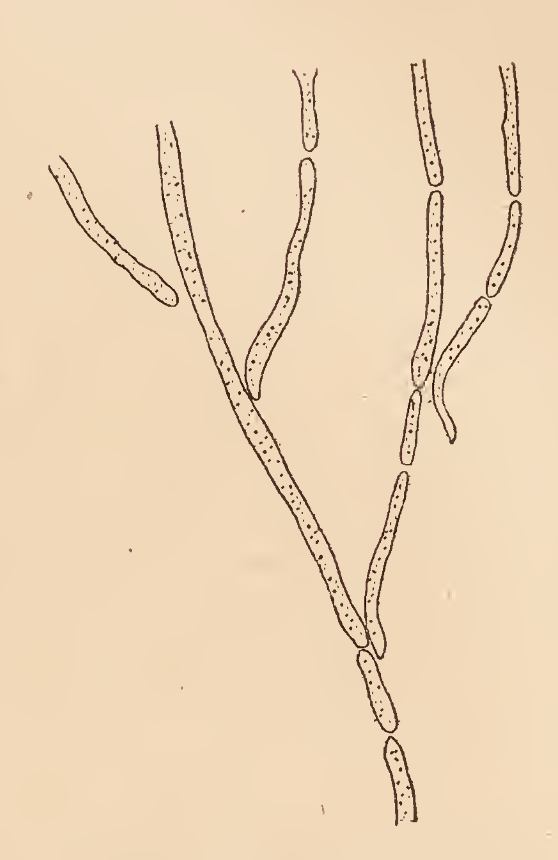


Fig. 113. Cladothrix dichotoma. 500 : 1.

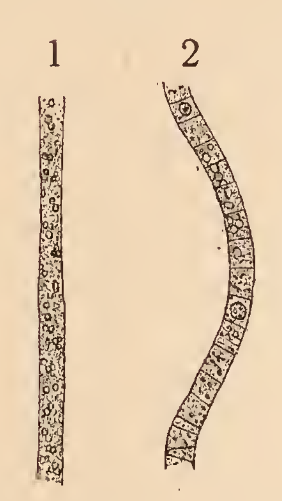


Fig. 115. Beggiatoa alba nach Winogradsky. 600 : 1. 1. Mit Schwefelkörnern. 2. Faden, der seinen Schwefelinhalt verbraucht hat, mit deutlichen Scheidewänden.

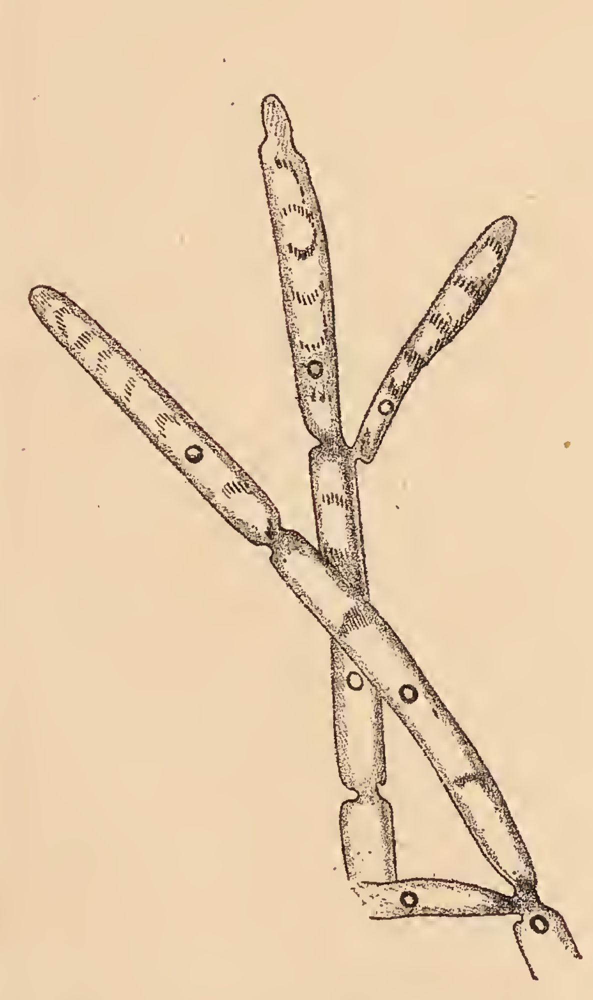


Fig. 114. Leptomitus lacteus nach Mez. 150 : 1.

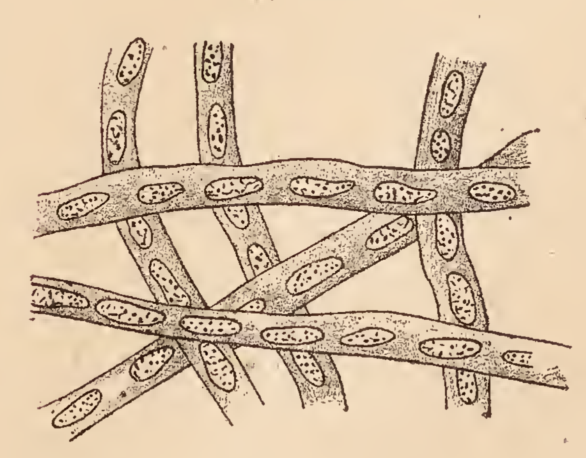


Fig. 116. Sphaerotilus natans nach Mez. 1000 : 1.

4. Leptomitus lacteus; ein zu den Oomycetes gehöriger Pilz. Dem vorigen makroskopisch ähnlich. Weiße bis rötliche und schwarzgraue Rasen oder Häute. Entwickelt sich ausschließlich im Winter. Fäden viel dicker wie bei Sphaerotilus, bis 45 μ, mit Einschnürungen und scheibenförmigen, stark lichtbrechenden Zellulinkörnern. (Fig. 114.)

5. Beggiatoa alba (s. Fig. 115). Feiner, kurzfaseriger, weißlichgrauer Belag, der vorzugsweise den schlammigen Boden überzieht; in wenig bewegtem Wasser, Klärteichen; erzeugt Schwefelwasserstoff. Meist gleichzeitig intensive stinkende Fäulnis, Trübung des Wassers durch schwarzen Schlamm, der Schwefeleisen enthält.

6. Sphaerotilus natans (Figur 116). Weißgelbliche oder graue schleimige Massen, in starkfließendem Wasser am reichlichsten. Bedarf starker Sauerstoffzufuhr, wuchert vorzugsweise im Winter; im Sommer nur an Wehren, Mühlrädern usw. Die Pilzrasen entwickeln einen widerlich süßen Geruch. Verhältnismäßig zarte, 2—3 μ dicke lange Fäden aus kurzen, in farblose Scheiden eingeschlossenen Zellen bestehend.

7. Der Kehricht und die Tierkadaver.

Der trockene Kehricht (Hauskehricht oder Hausmüll und Straßenkehricht) wird selbst in Städten, welche im übrigen ausgezeichnete Einrichtungen zur Entfernung der Abfallstoffe besitzen, oft in primitiver und rücksichtsloser Weise beseitigt. Da aber der Kehricht immerhin, wenn auch selten, infektiöse Mikroorganismen beherbergen kann, so ist eine nicht gar zu arglose Behandlung namentlich des Hauskehrichts indiziert; es ist auf gedeckte Behälter und vorsichtiges Entleeren (envtl. unter Anfeuchtung) zu achten. Neuerdings werden Müllschächte in den Häusern angebracht, die von jeder Etage aus beschickt werden können. Auch sind verschiedene „Kastenwagensysteme“ und Verfahren, die auf dem Sammeln in transportabeln Säcken und Kästen, mit Trennung in 3 Kategorien (Küchenabfälle, Scherben, Asche und Kehricht) beruhen, in Anwendung gekommen. — Die schließliche Zerstörung erfolgt am radikalsten durch Verbrennung, die in England vielfach eingeführt ist, eventuell nach Vermischen mit dem Schlamm der Kläranlagen (s. oben), die bei uns aber wegen der zu geringen Menge verbrennbarer Teile auf Schwierigkeiten stößt; evtl. Zumischung von Kohle (Hamburg). Auch Versuche zur nachträglichen Sortierung, Düngerherstellung usw. sind gemacht (München); in Leipzig sind die unverbrennbaren Teile in praktischer Weise zur Anlage von „Scherbenbergen“ verwendet.

Tierkadaver und nicht verwendbare Teile von Schlachttieren werden nach der Abdeckerei geschafft.

Das Material der Abdeckereien bilden: 1. Die ganzen Kadaver der an Milzbrand, Rotz, Wut, Rinderpest, Rinderseuche, Rauschbrand, Pyämie usw. (vgl. S. 243) gestorbenen Tiere. Diese dürfen nach veterinärpolizeilicher Vorschrift

nicht abgehäutet sein. 2. Die von Haut und Klauen befreiten Kadaver von Tieren, die an ausgebreiteter Tuberkulose erkrankt waren, oder in denen Finnen und Trichinen gefunden sind. 3. Kranke Organe von sonst noch verwertbaren Schlachttieren, z. B. Lebern mit Echinokokken, perlsüchtige Lungen, Karzinome, Actinomycesgeschwülste usw. 4. Alles konfiszierte faule und verdorbene Fleisch verschiedenster Herkunft. 5. Schlachtabfälle von gesunden und kranken Tieren, — zusammen jedenfalls eine Masse äußerst gefährlichen Materials. Sehr leicht können Infektionsstoffe wieder zum Menschen gelangen dadurch, daß Teile der Kadaver nachträglich verwertet werden. Namentlich sucht der Abdecker die Häute und Haare zu verkaufen, und es sind hierdurch schon viele Gerber, Wollarbeiter, ferner Roßhaararbeiter, Tapezierer, Bürstenfabrikanten usw. an Milzbrand und Rotz erkrankt. — Ferner kann eine Verbreitung von Keimen durch die Utensilien und Gerätschaften des Abdeckers, und bei ungenügender Verwahrung der Kadaver durch Insekten (Fliegen und Bremsen) stattfinden. — Die Abdeckereien belästigen außerdem die Anwohner oft auf sehr große Entfernungen hin durch üblen Geruch, der namentlich dann auftritt, wenn größere Mengen von Knochen und Häuten langsam an der Luft getrocknet werden.

Da, wo kein öffentliches Schlachthaus und kein Schlachtzwang besteht, gibt es viele heimliche, sogenannte Winkelabdeckereien, die unter dem Namen der Pferdeschlächterei oder Wurstschlächterei gefallenes Vieh aller Art schlachten und verarbeiten. Zuweilen verbergen sich solche Abdeckereien auch unter der Firma einer Leimsiederei, Dünger- oder Seifenfabrik.

Eine Regelung des Abdeckereiwesens und eine völlige und rasche Vernichtung oder sichere Beseitigung der nach der Abdeckerei geschafften Kadaver muß unbedingt verlangt werden. Dies kann geschehen 1. durch tiefes Vergraben an gesicherten Plätzen in mindestens 3 m Tiefe unter reichlichem Zusatz von Ätzkalk zu den etwa beschmutzten oberflächlichen Bodenschichten; 2. durch Verbrennen in besonders konstruierten Öfen (z. B. Koris Verbrennungsofen). Bei beiden Verfahren findet aber keinerlei Verwertung der Kadaver statt; diese ist bis zu einem gewissen Grade möglich, wenn 3. das Material einer trockenen Destillation mit Auffangen der Produkte unterworfen wird; und noch vollkommener, wenn 4. die Kadaver in besonderen Apparaten mit heißem Wasserdampf behandelt werden. Dies geschieht in sogenannten Digestoren, großen Papinschen Töpfen, in welchen die Kadaver ca. 10 Stunden lang dem Dampf von mehreren Atmosphären Spannung ausgesetzt werden. Nach beendetem Kochen werden Fett und Leimwasser abgelassen; der Rückstand wurde früher herausgenommen, an der Luft getrocknet und schließlich zu Dungpulver verarbeitet. Da hierbei starke Gerüche auftraten, wird in den neueren Konstruktionen (Kafill-Desinfektor von Rietschel & Henneberg, Hartmannscher Apparat und Podewils' Apparat) der Rückstand gleich im Digestor in trockenes Pulver verwandelt, indem der Dampf schließlich in einen den inneren Zylinder umgebenden Mantelraum eingelassen wird und den Zylinder

von außen erhitzt, während innen Luft zutritt. Die Apparate finden am besten in gehörig separierten Teilen des Schlachthofs ihre Aufstellung; der weitaus größte Teil des zu vernichtenden Materials kann dann an Ort und Stelle bleiben.

Ist ein Transport der Kadaver nötig, so müssen die Karren völlig dicht sein und jedes Durchsickern von Blut usw. muß vermieden werden. Zu empfehlen ist ein Einhüllen der Kadaver in Tücher, welche mit Karbolsäure oder Sublimatlösung angefeuchtet sind.

Literatur. König, Die Verunreinigung der Gewässer, 2. Auflage 1899. — Weyl, Brix, Zahn u. a., Die Städtereinigung in Handb. d. Hygiene, 2. Aufl., 1914. — Dunbar u. Roechling, Verh. d. Verf. f. öff. Ges., 1898. — Gärtner u. Herzberg, ibid. 1897. — Lübbert, Zusammenfassende Artikel im „Ges. Ingenieur". 1909 ff. — Schmidtmann, Viertelj. f. ger. Med. u. öff. San., Supplementhefte 1898 u. 1900. — Dunbar, Zirn, Proskauer u. a. in Viertelj. f. ger. Med. u. öff. San., letzte Jahrgänge. — Dunbar, Leitfaden für die Abwässerreinigungsfrage, 1907. — Mitteilungen aus der Königlichen Prüfungsanstalt für Wasserversorgung und Abwässerbeseitigung zu Berlin. Berlin 1903 u. folgende Jahre. — Thumm, in Handb. der Hygiene von Rubner, v. Gruber u. Ficker, 1911. — Für Untersuchung: Kolkwitz, ebenda. — Farnsteiner, Buttenberg u. Korn, Leitfaden für chemische Untersuchung von Abwasser, 1902. — Thumm, Abwasserbeseitigung bei Einzel- u. Gruppensiedelungen; Sperber, Erfahrungen über Müllverbrennung, beides in: „Bericht über die 38. Vers. (1913) des Deutsch. Ver. f. öff. Ges.pflege".

VIII. Leichenbestattung.

Die Leichenbestattung erfolgt bei den heutigen Kulturvölkern fast ausschließlich durch Begraben.

In der beerdigten Leiche tritt zunächst Fäulnis durch Fäulnisbakterien (hauptsächlich Anaëroben) ein, die namentlich vom Darm her einwandern. Demnächst beteiligen sich tierische Organismen, Larven verschiedener Fliegenarten, und zwar namentlich eine kleine 2—3 mm lange Fliegenlarve, deren leere gelbbraune Puppenhüllen sich oft zu Milliarden in den Särgen finden. Diese tragen sehr energisch zur vollständigen Zerstörung und Oxydation der organischen Stoffe bei; sie bedürfen aber einer gewissen Feuchtigkeit, reichlichen Luftzutritts und einer relativ hohen Temperatur; wo es daran fehlt, beteiligen sie sich nicht an der Verwesung.

Die stinkende Fäulnis dauert etwa 3 Monate, selten länger; durch die Kleidung wird sie zuweilen beträchtlich verzögert, nicht dagegen durch den Sarg, der im Gegenteil die Meteorwasser abhält, die dichte Umlagerung der Leiche mit feuchten Bodenschichten hindert und statt dessen einen gewissen der weiteren Zersetzung förderlichen Luftraum garantiert.

Im Wasser und ebenso in einem nassen, Grundwasser führenden Boden tritt zunächst raschere Fäulnis ein, bei welcher fast ausschließlich Anaëroben in Aktion treten. Eine zweiwöchige Wasserleiche ist in der Zersetzung etwa soweit vorgeschritten, wie eine achtwöchig begrabene Leiche. Später kommt es aber unter solchen Verhältnissen zu einem Stillstand der Zersetzung und oft zur Leichenwachsbildung.

In einem mäßig trockenen, grobporigen Boden von nicht zu hoher Schicht findet die reichlichste Beteiligung der tierischen Organismen und damit möglichst schnelle und vollständige Verwesung der Leiche statt. In Kies- und Sandboden sind Kinderleichen etwa nach 4 Jahren, die Leichen Erwachsener nach 7 Jahren, im Lehmboden nach 5 bzw. 9 Jahren bis auf Knochen und amorphe Humussubstanzen zerstört.

Unter Umständen nimmt die Zersetzung der Leichen im Boden einen abnormen Verlauf; besonders dann, wenn durch irgendwelche Einflüsse die Beteiligung der erwähnten tierischen Organismen ausgeschlossen ist. Es kommt so entweder zur Mumifikation; die Leichen sind in eine trockene, schwammige, strukturlose Masse verwandelt, die leicht zu Staub zerfällt; oft sind die Formen vorzüglich erhalten. Sie tritt ein nach Phosphor-, namentlich aber nach Arsenik- und Sublimatvergiftung; ferner infolge gewisser lokaler Verhältnisse des Friedhofs, nämlich großer Trockenheit, starker Durchlüftung oder zu niederer Temperatur des Bodens, so daß sich die tierischen Organismen gar nicht und die Fäulnisorganismen nur bis zu einem gewissen Grade an der Verwesung beteiligen. Man findet die Mumifikation z. B. im Wüstensand, ferner im Kirchhof des St. Bernhard-Hospizes und in tiefen Klostergrüften, dort infolge der Trockenheit, hier infolge der Kälte.

Oder es kommt zur Adipocire-(Leichenwachs-)Bildung. Die Leichenteile werden, nachdem eine kurze Zeit Fäulnis bestanden und die meisten Eingeweide zerstört hat, ganz oder teilweise in eine grauweiße, homogene, leicht zerbröckelnde Masse verwandelt, die auf der Schnittfläche Fettglanz zeigt, sich fettig anfühlt, in der Hitze schmilzt, fast geruchlos und oft so fest ist, daß sie beim Anstoßen tönt. Die äußere Körperform ist oft wunderbar erhalten; in Haut, Muskeln und Knochen lassen sich mikroskopisch noch Reste der Textur erkennen; die Fettsubstanz ahmt oft geradezu die Form der betreffenden Texturelemente nach. Chemisch scheinen teils Cholesterin, teils Ammoniak- und Kalkseifen der höheren Fettsäuren, teils freie Fettsäuren vorzuliegen. — Die Entstehungsweise der Adipocire führen einige Forscher auf eine eigentümliche Umwandlung des Fetts der Leiche zurück, während die Eiweißsubstanzen verschwinden. Andere folgern namentlich aus mikroskopischen Untersuchungen, daß eine Fett- und Seifenbildung aus Eiweiß beteiligt ist.

Auch die Adipocirebildung scheint nur dann einzutreten, wenn die normalerweise wirksamen Organismen, besonders die tierischen, infolge von Luftmangel in ihrer Funktion gehemmt sind. Daher findet man die Leichenwachsbildung bei Wasserleichen, in nassem Tonboden, in Zementgruben, in hermetisch schließenden Särgen, ferner in alten, stark benutzten und offenbar undurchlässig gewordenen Begräbnisplätzen.

Übt ein Kirchhof, in welchem die Verwesung der Leichen in der geschilderten Weise vor sich geht, irgendwelchen gesundheitnachteiligen Einfluß auf die Anwohner aus? Früher hatte man in dieser Beziehung übertrieben schlimme Vorstellungen. Eine Reihe von Krankheiten sollte von den Kirchhöfen aus übertragen werden und die Leichengase sollten eine starke Belästigung und Gesundheitsgefahr für die Anwohner bedingen. Dementsprechend sind früher rigorose Vorschriften über den Abstand der Wohnungen von Kirchhöfen erlassen worden; noch heute wird in Frankreich ein Abstand von 100 m gefordert.

Es handelt sich indes bei der Leichenzersetzung um eine einfache Fäulnis und Verwesung organischer Substanz, und zwar ist der Umfang dieses Prozesses bei geregeltem Kirchhofsbetrieb ein relativ geringer und die Zersetzung verläuft so allmählich, daß unmöglich Schädigungen oder Belästigungen daraus resultieren können. Irgendwelche spezifische giftige Leichengase werden nicht gebildet. Ein übler Geruch macht sich nur in Massengrüften geltend, wie sie in London, Paris, Neapel früher vorkamen, in welche in kurzen Zwischenräumen große Mengen von Leichen eingelagert wurden. Sobald jedoch die Bestattung in einigermaßen geordneter Weise vorgenommen wird, können riechende Zersetzungsgase nicht bemerkbar werden, zumal die Hauptmasse derselben durch den Boden absorbiert wird. Selbst beim Ausgraben der Leichen ist fast niemals ein Geruch wahrzunehmen.

Infektionen kommen von den begrabenen Leichen aus nicht leicht zustande. Die meisten Infektionserreger gehen, wie experimentell nachgewiesen ist, in der Leiche unter dem Einfluß der wuchernden Saprophyten binnen wenigen Tagen oder Wochen zugrunde. Einige Infektionserreger können sich länger am Leben halten; so können virulente Tuberkelbazillen noch nach Monaten in begrabenen Leichen nachgewiesen werden; auch Typhusbazillen sind ziemlich resistent. Für alle diese Erreger kommt aber ein Herausgelangen aus der Tiefe des Grabes an die Bodenoberfläche nicht in Frage, es sei denn durch Vermittlung von Ratten, Maulwürfen u. dgl., also in praktisch belangloser Weise. — Damit stimmt überein, daß in der Tat keinerlei gut beglaubigte statistische Belege für eine höhere Morbidität oder für eine gesteigerte Frequenz infektiöser Erkrankungen unter den nahe an Kirchhöfen wohnenden Menschen vorliegen.

Zuweilen kann durch die Verwesungsprodukte eine Verunreinigung des Grundwassers erolgen. Bei den zahlreich vorgenommenen Untersuchungen zeigten indes die Kirchhofsbrunnen stets weniger Verunreinigungen als die sonstigen städtischen Brunnen. Immerhin wird man ein Grundwasser zum Wasserbezug vermeiden, welches in einer gewissen nahen Berührung mit Begräbnisplätzen steht.

Es lassen sich somit alle Gesundheitsschädigungen und Belästigungen duch Begräbnisplätze leicht vermeiden, wenn letztere nach folgenden Vorschriften angelegt und betrieben werden:

Das Terrain soll möglichst frei liegen, plateauartig sein. Sandboden, der eventuell mit etwas Lehm gemengt ist, bietet die günstigsten Bedingungen. Das Grundwasser soll wenigstens 3 m mittleren Abstand von der Bodenoberfläche haben und der maximale Grundwasserstand muß genau bekannt sein. Wohnhäuser sollen mindestens 10 m Abstand von den Begäbnisplätzen haben, Brunnen mindestens 50 m, wenn das Gefälle des Grundwassers nach dem Brunnen hin gerichtet ist.

Als richtige Größe der Gräber wählt man eine Länge von 260 cm, eine Breite von 100 cm; 60 cm entfallen auf die Zwischenwandungen, im ganzen also 4 qm für das Grab eines Erwachsenen bzw. 2 Kindergräber. — Die Tiefe des Grabes sei 180 cm; an manchen Orten hat man 120 cm als vollkommen ausreichend gefunden. Die Särge sollen nicht zu dicht sein, eventuell durchbohrte Wände haben. Es ist wohl vorgeschlagen, Kochsalz und Weinsäure in den Sarg zu füllen, um die Bakterien und die Fäulnis möglichst zu hemmen und die Schimmelpilze zu begünstigen; letztere sind aber für die Verwesung viel zu einflußlos, und es ist daher dies Verfahren zu widerraten.

Als Begräbnisturnus ist für die Erwachsenen eine Frist von 10 Jahren, für Kindergräber eine Frist von 5 Jahren einzuhalten; übrigens ist der Turnus zweckmäßig im Einzelfalle je nach den lokalen Verhältnissen zu bestimmen. Eine Bebauung alter Kirchhöfe darf in Preußen erst 40 Jahre nach dem Schluß der Bestattung erfolgen; eine kürzere Frist von etwa 20 Jahren, würde meist ausreichend sein.

Auf dem Kirchhof ist eine Leichenhalle anzulegen. In den Wohnungen der Armen ist eine Aufbewahrung der Leichen bis zum Begräbnis schlechterdings unmöglich, wenigstens nicht ohne große Belästigung der Umwohner, außerdem auch nicht ohne Gefahr, da eine Reinigung und Desinfektion der Wohnung nicht eher zu erfolgen pflegt, als bis die Leiche fortgeschafft ist. Kontagiöse Leichen sind in Tücher, die mit Karbollösung oder Sublimatlösung befeuchtet sind, einzuschlagen und in besonderen Räumen aufzubewahren. Um den Geruch, der sich bei rascher Zersetzung entwickelt, zu hindern, wird der Sarg zweckmäßig mit Holzkohle oder Holzkohlenkleie gefüllt.

Die Leichenhalle muß ein gefälliges Gebäude mit würdiger dekorativer Ausstattung darstellen. Dort lassen sich auch elektrische Klingeln mit den Leichen in Berührung bringen, deren Kontakte bei der geringsten Bewegung ausgelöst werden und welche somit gegen das (im goßen Publikum hartnäckig, obwohl grundlos, gefürchtete) Lebendig-Begrabenwerden Schutz gewähren.

Ferner ist sehr empfehlenswert eine Bepflanzung des Kirchhofes; wo möglich sollen parkartige Anlagen geschaffen werden. Die Kirchhöfe können dadurch beliebte Spaziergänge werden und befriedigen, insbesondere wenn sie nicht mehr benutzt werden, gleichzeitig das Bedürfnis nach in der Stadt gelegenen öffentlichen Gärten.

Neuerdings ist in den meisten Staaten neben der Beerdigung die Leichenverbrennung gestattet. — Für diese haben wir das Beispiel vieler alten Völker, namentlich der Inder, die seit Jahrtausenden ihre Leichen verbrennen. Aller-

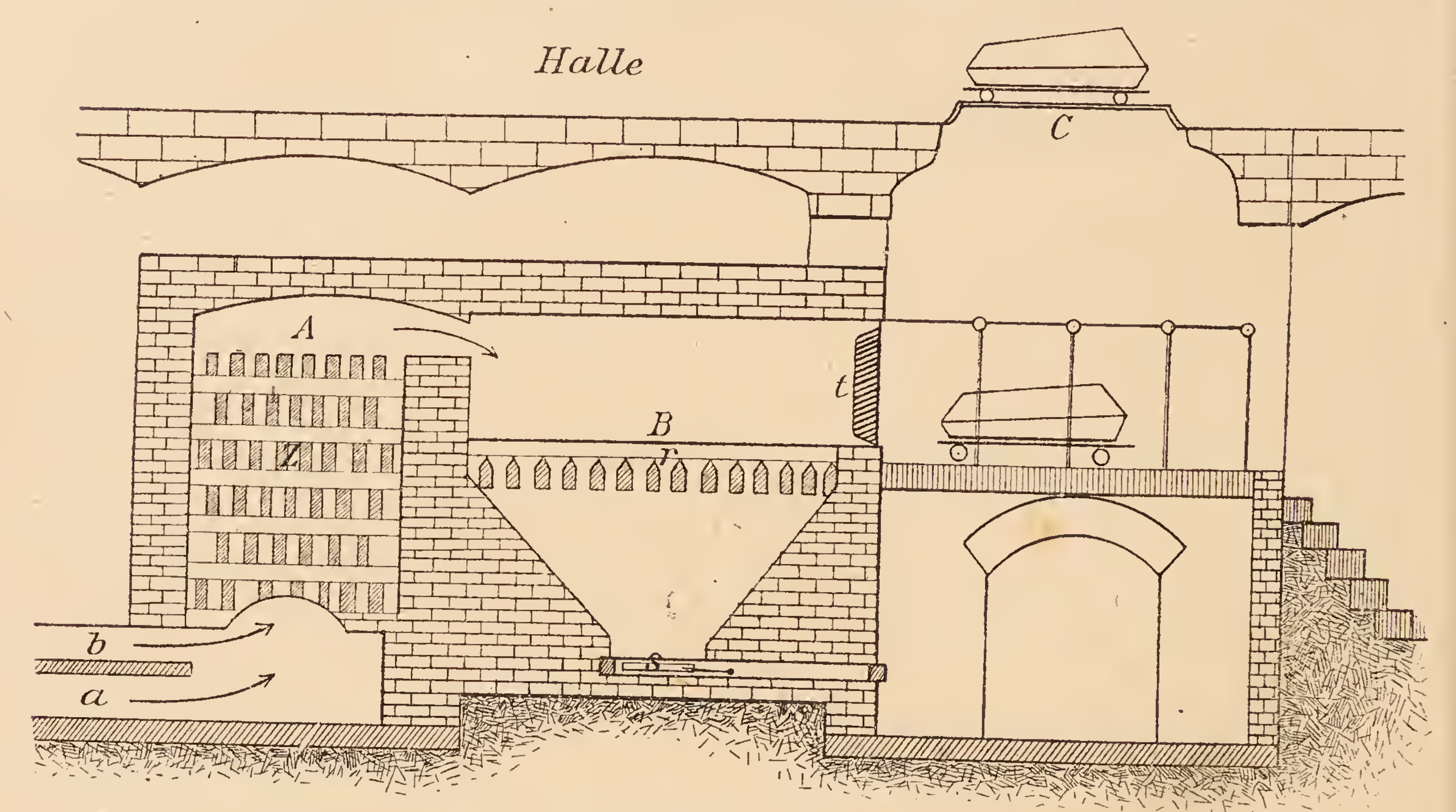


Fig. 117. Schematische Darstellung eines Leichenverbrennungsofens.
a Kanal für das Generatorgas. *b* Kanal für Luft. *A* Vorwärmkammer. *Z* Ziegelmaterial. *B* Verbrennungskammer. *t* Tür. *r* Tonrost. *s* Gefäß für die Asche. *C* Versenkung.

dings wurde früher immer eine sehr unvollständige Verbrennung erzielt, die für unsere jetzigen Verhältnisse unannehmbar sein würde. Dem Verbrennungsraum müssen reichlichste Mengen auf 800 bis 1000° vorgewärmter Luft zugeführt werden, die rasch austrocknend wirkt und die entstehenden Verbrennungsgase zu den Endprodukten oxydiert. Dies erreicht man durch die Siemenssche Regenerativfeuerung (Fig. 117). Es werden zunächst in der Vorwärmungsperiode Heizgase entwickelt, bei Stein- und Braunkohle Kohlenwasserstoffe, H u. CO; bei Koks CO und durch Leiten von Wasserdampf über den glühenden Koks noch H und CO); diese werden gemengt mit zugeführter heißer Luft, welche in den Wandungen des Ofens in Kanälen oder in Bündeln von eisernen Röhren zum Verbrennungsraum aufsteigt, während die Heizgase von oben nach unten in den Schornstein ziehen; beide zusammen, Heizgase und heiße Luft, erhitzen die steinernen Wände des Ofens. Zu Anfang der eigentlichen Leichenverbrennung werden noch etwas Heizgase zugelassen, die in der heißen Luft rasch verbrennen; später wird die Heizgasentwicklung ganz eingestellt. Die Vorwärmung dauert in den neueren Öfen von Schneider, Klingenstierna, Beck u. a. etwa 4, die Leichenverbrennung 2 Stunden. Kohlenverbrauch (einschl. Vorwärmung) 4—8 Zentner. Die Asche der verbrannten Leichen soll in Urnen in eigenen Hallen aufgestellt werden.

Die Gründe für Einführung der fakultativen Leichenverbrennung liegen entsprechend den vorstehend gegebenen Ausführungen n i c h t etwa auf sanitärem Gebiet; vielmehr ist von Einfluß gewesen einmal die genauere Erkenntnis der Zersetzungsvorgänge der begrabenen Leichen, die wohl imstande ist, eine Abneigung gegen diese Art der Bestattung zu erzeugen; vor allem aber die Schwierigkeit, in der Nähe großer Städte ohne übertriebenen Kostenaufwand das nötige Areal für Begräbnisplätze zu finden. — Von juristischer Seite wurde gegen die Verbrennung wohl eingewendet, daß eine spätere Untersuchung der Leichen auf Gifte usw. alsdann unmöglich sei, und daß dadurch den Verbrechen Vorschub geleistet werden würde. Diesem Einwand ist jedoch dadurch begegnet worden, daß die Erlaubnis zur Verbrennung von einer besonders sorgfältigen Leichenschau und einem Fehlen aller Verdachtsmomente abhängig gemacht wird.

L i t e r a t u r : H o f m a n n und S i e g e l, Die hygienischen Anforderungen an Friedhöfe, Verhandl. des Deutsch. Ver. f. öff. Ges. 1881, Viertelj. f. öff. Ges., Bd. 14, Heft 1. — P e t r i, Arb. a. d. Kaiserl. Gesundheitsamt, Bd. 7. — S c h ö n f e l d u. G r a n d h o m m e, Viertelj. f. ger. Med. 1891. Suppl. — K r a t t e r, Leichenwesen, W e y l s, Handb. d. Hygiene, 2. Aufl., 1912.

Achtes Kapitel.

Hygienische Fürsorge für Kinder und Kranke.

Unter gewissen Lebensverhältnissen sind besondere hygienische Maßnahmen angezeigt, weil leicht vulnerabele Körper in Betracht kommen, deren Erhaltung und Kräftigung nur durch eine sorgfältigere Berücksichtigung der äußeren Lebensbedingungen gelingt, als beim anpassungsfähigen gesunden Erwachsenen; oder weil größere Gruppen von in gleicher Weise erkrankten Menschen der gemeinsamen Fürsorge bedürfen. Hierher gehören die Menschen im kindlichen Alter und verschiedene Kategorien von Kranken.

A. Das kindliche Alter.

Gesondert zu besprechen ist das Säuglingsalter, das schulpflichtige Alter und die schulentlassene Jugend.

1. Die Säuglingsfürsorge.

Die enorme Bedeutung der Säuglingshygiene ergibt sich aus der gewaltigen Sterblichkeit der Kinder im 1. Lebensjahr (s. S. 3). In Preußen (41 Mill. Einwohner, darunter etwa 1 Million im 1. Lebensjahr) beträgt die Zahl der gestorbenen Säuglinge zwischen 180 000 und 220 000 oder 17 bis 21 auf 100 Lebende der gleichen Altersklasse, im Jahre 1911 mit heißem Sommer sogar 21,2%. Allerdings ist in den letzten Jahrzehnten eine Abnahme der Säuglingssterblichkeit eingetreten, die sich, wie nebenstehende Tabelle zeigt, fast auf alle euopäischen Länder erstreckt; aber diese ist in der Hauptsache nicht durch hygienische Maßnahmen bedingt, sondern ist zum wesentlichen Teile zurückzuführen auf den gleichzeitigen Rückgang der Geburtsziffer, auf welchen S. 17 hingewiesen wurde, und der in deutlicher Beziehung zur Säuglingssterblichkeit steht. In allen Ländern hat man die Erfahrung gemacht, daß da, wo Schwierigkeiten der wirtschaftlichen Lage bestehen, die Geburtsziffer und die Säuglingssterblichkeit einen Parallelismus zeigen. Werden viel Kinder geboren, so ist die Pflege der letztgeborenen weniger sorgfältig, die Unterhaltsmittel reichen nicht aus, die Frauen sind nicht mehr imstande oder nicht gewillt, die letztgeborenen Kinder an der Brust zu nähren; bei geringer Kinder-

zahl fallen diese Momente mehr oder weniger fort und ein größerer Bruchteil der Geborenen bleibt am Leben. — Neben dem Einfluß der Geburtsziffer sind aber Abweichungen der Säuglingssterblichkeit auch auf Lebensgewohnheiten und Sitten zurückzuführen, und zweifellos ist mehrfach eine Verringerung durch hygienische Maßnahmen erreichbar.

	1881—1885	1901—1905
Rußland	267	263
Österreich	252	215
Preußen	207	190
Italien	195	167
Frankreich	167	139
Dänemark	134	119
England und Wales . . .	139	138
Schottland	118	120
Irland	94	98
Schweden	116	91
Norwegen	99	81

Um die Ursachen der hohen Sterblichkeit zu erkennen, wird man vor allem ermitteln müssen, durch welche Krankheiten die Kindersterblichkeit vornehmlich bedingt wird. Es ist zweckmäßig, hierfür nicht Zusammenstellungen aus größeren Gebieten heranzuziehen, weil die Registrierung der Todesursachen namentlich auf dem Lande zu unsicher ist. Für die Stadt Berlin und das Jahr 1905 ergibt sich folgende Beteiligung der verschiedenen Krankheitsursachen:

Es starben 1905 in Berlin 9968 Kinder im 1. Lebensjahr; davon

4161 an Magendarmkrankheiten,
1754 „ Lebensschwäche,
907 „ Lungenentzündung,
254 „ Abzehrung,
222 „ Keuchhusten,
179 „ Herzkrankheiten,
149 „ Masern,
137 „ Syphilis,

der Rest an selteneren Todesursachen.

Die (früher unter der nicht zweckmäßigen Bezeichnung „Cholera infantum“ zusammengefaßten) Magendarmerkrankungen überragen also die übrigen Todesursachen bei weitem; diese verteilen sich aber keineswegs gleichmäßig auf das ganze Jahr, sondern sie häufen sich in den Sommermonaten; und die Häufung ist nicht etwa gleichartig in jedem Jahr, sondern sie kann das eine Mal kaum hervortreten (1907), während sie in anderen Jahren (1904, 1905) sehr erheblich ist:

An Magendarmkrankheiten starben in Berlin Säuglinge:

	1904	1905	1907
im Januar	128	136	127
„ Februar	119	122	99
„ März	117	144	106
„ April	156	120	121
„ Mai	163	141	200
„ Juni	249	262	186
„ Juli	496	730	228
„ August	1249	1501	399
„ September	533	521	362
„ Oktober	233	223	334
„ November	126	134	174
„ Dezember	137	127	125

Prüft man, in welcher Weise die Jahre mit hoher und niedriger Sterblichkeit sich sonst unterscheiden, so findet man übereinstimmend, daß es lediglich die heißen Sommer sind, welche die Steigerung der Zahlen bewirken, und daß die Höhe der Säuglingssterblichkeit an Magendarmerkrankungen durchaus den Temperaturverhältnissen des Sommers entspricht. — Fig. 118 zeigt Beispiele, wie sich die Sterblichkeitskurve dem Verlauf der Sommerhitze genau anpaßt, und wie eine abnorme Steigerung überhaupt erst zutage tritt, wenn das Wochenmittel der Temperatur sich über 17,5° erhebt. In Deutschland kostet daher jeder heiße Sommer im Vergleich zu einem kühlen Sommer mehr als 10 000 Säuglingen das Leben. In Ländern, wo sich das Monatsmittel des heißesten Monats nicht über 17,5° erhebt, kommt diese starke Steigerung von Säuglingstodesfällen vollkommen in Wegfall.

Eine weitere Aufklärung über diese Todesfälle gibt die Statistik dadurch, daß sie erstens nachgewiesen hat, daß nur die künstlich genährten Kinder die Opfer der Hitzewirkung werden. Nur bei den mit Tiermilch und Surrogaten ernährten Säuglingen zeigt sich jene übermäßige Sterblichkeit in den heißen Monaten. — Zweitens hat sich bei Berücksichtigung der sozialen Verhältnisse herausgestellt, daß nur die wenigst bemittelten Bevölkerungsschichten beteiligt sind.

Es liegt nahe, diese Tatsachen dadurch zu erklären, daß die künstliche Nahrung der Kinder in den Wohnungen der ärmeren Bevölkerung einer schädlichen, durch die Hitze sehr begünstigten Bakterienwucherung unterliegt, die sich in den Wohnungen der Wohlhabenderen durch entsprechende Behandlung der Nahrung, sorgsames Kochen, Kühlhalten usw. hintanhalten läßt. Von Kinderärzten ist aber neuerdings betont, daß auch infantiler Hitzschlag durch direkte Einwirkung der Hitze bei Säuglingen gar kein seltenes Vorkommnis ist; bei künstlich genährten Säuglingen soll er erheblich häufiger beobachtet werden,

weil bei diesen leichter Überernährung erfolgt, indem der vermehrte Durst der Kinder immer durch Zufuhr der an Kalorien und an Eiweiß reichen Milch gestillt wird; und bei der ärmeren Bevölkerung soll Hitzschlag häufiger eintreten, weil deren Wohnungen schon durch die inneren Wärmequellen heißer sind und weil auf Lüftung und zweckentsprechende Kleidung weniger geachtet wird. — Vermutlich sind beide Momente, zersetzte Nahrung und Wärmestauung, beteiligt; letztere scheint gefährlicher zu sein, wenn durch ungeeignete bakterienreiche Nahrung bereits Verdauungsstörungen hervorgerufen sind.

Die Bekämpfung dieser Todesfälle muß auf Grund der Erkenntnis der Ursachen als relativ aussichtsvoll angesehen werden. Soweit direkte Hitzewirkung

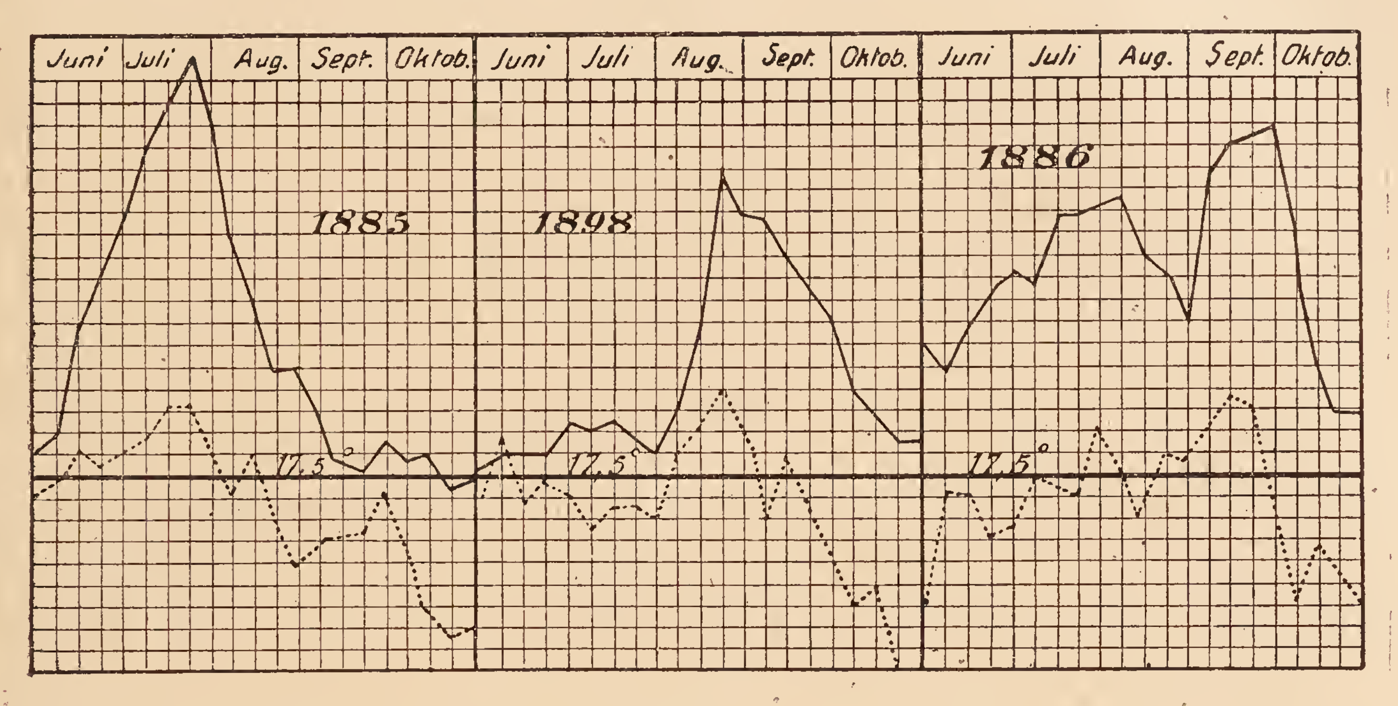


Fig. 118.

——— Säuglingssterblichkeit ⎫
.... Lufttemperatur, Wochenmittel ⎭ in erlin.

in Frage kommt, ist in erster Linie durch Maßnahmen beim Bau der Wohnungen Abhilfe zu schaffen und in den kritischen Zeiten sind die gefährdeten Kinder — künstlich genährte, bereits mit Verdauungsstörungen behaftete, in heißen Wohnungen lebende Säuglinge namentlich aus dem ersten, besonders gefährdeten Trimenon — für die Dauer der Hitzeperiode vorübergehend in kühleren Räumen unterzubringen, soweit nicht durch rationelle Kleidung des Kindes, Einschränkung der Nahrung, Stillung des Durstes mit abgekochtem Wasser usw. der Wärmestauung entgegengewirkt werden kann. Daneben muß eine günstige Beeinflussung der Ernährung angestrebt werden, vor allem durch Ausdehnung der Ernährung an der Mutterbrust und durch Beratung in der Fürsorgestelle.

Außer bei diesen akuten Magendarmstörungen tritt aber noch bei einer Reihe von anderen oft tödlichen Säuglingserkrankungen die günstige Wirkung der Ernährung mit Muttermilch gegenüber der Ernährung mit Tiermilch deutlich zutage; letztere fordert viel zahlreichere Todesfälle durch Lebensschwäche, Tuberkulose und durch die im Winter und Frühjahr gipfelnde Neigung der Säuglinge zu Krämpfen. Mehrfach haben statistische Erhebungen (Stichtagzählungen z. B. in Hannover-Linden) gezeigt, daß die Brustkinder eine

Sterblichkeit von 8—9%, die Flaschenkinder dagegen eine solche von 30% zeigen. Die Ausdehnung der Brustnahrung kann also wie keine andere Maßnahme eine gewaltige Besserung der Sterblichkeit herbeiführen. — Auch für die spätere Entwicklung des Kindes wird zweifellos der beste Grund gelegt durch eine mindestens 6—8 Monate anhaltende Brustnahrung. Es ist daher von größter Bedeutung, daß die Ernährung an der Brust nach Möglichkeit gefördert wird.

Dies ist bisher versucht durch Belehrung der Beteiligten über die großen hygienischen Vorteile dieser Art der Ernährung; durch Kurse für Schwangere, Verteilung geeigneter Merkblätter auf dem Standesamt bei der Meldung der Geburt, besondere Belehrung der Hebammen, die durch Begünstigung von allerlei Nährpräparaten oft unheilvollen Einfluß ausübten. Zweitens sind Stillprämien nach einer gewissen Zeit des Stillens gezahlt, namentlich in der Form der in Frankreich eingebürgerten „mutualités maternelles" oder der in einzelnen deutschen Städten errichteten „Mutterschaftskassen", bei denen die schwangere Frau als Mitglied eintritt und einen monatlichen Beitrag zahlt, für den sie das Anrecht auf eine nach je 6 Wochen fällige Stillprämie erwirbt. Vielfach sind auch in größeren Fabrikbetrieben Stillstuben eingerichtet, und der erforderliche Aufenthalt in diesen hat keinen Lohnausfall zur Folge; ebenso ist in den Krippen (siehe unten) für Fortsetzung des Stillens tunlichst gesorgt; auch die Förderung der Stillfähigkeit der Frauen durch geeignete Körperpflege und Ernährung schon in der Jugend ist ins Auge gefaßt.

Diese Bestrebungen haben in Deutschland neuerdings durch zwei Maßnahmen eine gesicherte Unterlage erhalten; erstens durch das Gesetz über Reichswochenhilfe, dem schon während des Krieges vorläufige, aber unvollkommene Bestimmungen vorausgingen; und zweitens die Einrichtung von Säuglingsfürsorgestellen.

Das „Gesetz über Wochenhilfe und Wochenfürsorge" vom 26. 9. 1919 bzw. 30. 4. 1920 bestimmt im wesentlichen folgendes:

I. Wochenhilfe.

Wöchnerinnen, die im letzten Jahre vor der Niederkunft mindestens 6 Monate hindurch auf Grund der Reichsversicherung oder bei einer knappschaftlichen Krankenkasse gegen Krankheit versichert gewesen sind, erhalten als Wochenhilfe

1. einen einmaligen Beitrag zu den Kosten der Entbindung in Höhe von 50 Mk.;

2. ein Wochengeld in Höhe des Krankengeldes, jedoch mindestens einundeinehalbe Mk. täglich, einschließlich der Sonn- und Feiertage, für 10 Wochen, von denen 4 in die Zeit vor und 6 in die Zeit nach der Entbindung fallen. Das Wochengeld für die ersten 4 Wochen ist mit dem Tage der Entbindung fällig;

3. eine Beihilfe bis zum Betrage von 25 Mk. für Hebammendienste und ärztliche Behandlung, falls solche bei Schwangerschaftsbeschwerden erforderlich werden;

4. solange sie ihre Neugeborenen stillen, ein Stillgeld in Höhe des halben Krankengeldes, jedoch mindestens 75 Pfennig täglich, einschließlich der Sonn- und Feiertage bis zum Ablauf der 12. Woche nach der Entbindung.

Neben Wochengeld wird Krankengeld nicht gewährt, die Wochen nach der Niederkunft müssen zusammenhängen.

Die Satzung kann die Dauer des Wochengeldbezuges bis auf 13 Wochen, des Stillgeldbezugs bis auf 26 Wochen erweitern.

Die Satzung kann mit Zustimmung des Oberversicherungsamts das Wochengeld höher als das Krankengeld, und zwar bis zur Höchstgrenze von drei Vierteln des Grundlohnes bemessen.

Stirbt eine Wöchnerin bei der Entbindung oder während der Zeit der Unterstützungsberechtigung, so werden die noch fälligen Bezüge aus der Reichswochenhilfe an denjenigen gezahlt, der für den Unterhalt des Kindes sorgt.

II. Familienhilfe.

Wochenhilfe erhalten auch die Ehefrauen sowie solche Töchter, Stief- und Pflegetöchter der Versicherten, welche mit diesem in häuslicher Gemeinschaft leben, wenn

1. sie ihren gewöhnlichen Aufenthalt im Inland haben,

2. ihnen ein Anspruch auf Wochenhilfe nach den vorstehenden Bestimmungen nicht zusteht, und

3. die Versicherten im letzten Jahre vor der Niederkunft mindestens 6 Monate hindurch auf Grund der Reichsversicherung oder bei einer knappschaftlichen Krankenkasse gegen Krankheit versichert gewesen sind.

Als Wochenhilfe werden die oben bezeichneten Leistungen gewährt; dabei beträgt das Wochengeld einundeinehalbe Mark täglich, das Stillgeld fünfundsiebzig Pfennig täglich. Die Satzung kann den Betrag des Wochengeldes und des Stillgeldes je bis auf die Hälfte des Krankengeldes der Versicherten erhöhen.

Die Satzung kann zubilligen:

1. Krankenpflege an solche Angehörige der Versicherten, welche darauf nicht anderweit nach diesem Gesetz Anspruch haben,

2. Sterbegeld beim Tode des Ehegatten oder eines Kindes des Ehegatten eines Versicherten. Es kann für den Ehegatten bis auf zwei Drittel, für ein Kind bis auf die Hälfte des Mitgliedersterbegeldes bemessen werden und ist um den Betrag des Sterbegeldes zu kürzen, auf das der Verstorbene selbst gesetzlich versichert war.

III. Wochenfürsorge.

Minderbemittelte deutsche Wöchnerinnen, die ihren gewöhnlichen Aufenthalt im Inland haben und für die nach den vorstehenden Vorschriften kein Anspruch auf Wochenhilfe besteht, erhalten aus Mitteln des Reichs eine Wochenfürsorge.

Sofern nicht Tatsachen die Annahme rechtfertigen, daß eine Beihilfe nicht benötigt wird, gilt eine Wöchnerin als minderbemittelt, wenn ihr und ihres Ehemanns Gesamteinkommen oder, sofern sie allein steht, ihr eigenes Einkommen in dem Jahre oder Steuerjahre vor der Entbindung den Betrag von 4000 Mk.

nicht überstiegen hat. Dieser Betrag erhöht sich für jedes vorhandene Kind unter 15 Jahren um fünfhundert Mark.

Die Wochenfürsorge wird durch die Allgemeine Ortskrankenkasse, in deren Bezirk der gewöhnliche Aufenthaltsort der Wöchnerin liegt, und, wo eine solche Kasse nicht besteht, durch die Landkrankenkasse geleistet.

Als Wochenfürsorge werden die unter I. bezeichneten Leistungen gewährt. Dabei beträgt das Wochengeld einundeinehalbe Mark, das Stillgeld 75 Pfennig täglich.

Die Säuglingsfürsorgestellen sind kommunale Einrichtungen, in denen Kinderärzte Sprechstunden abhalten, um Müttern und Pflegemüttern unentgeltlich Rat über Pflege und Ernährung der vorgestellten Säuglinge zu erteilen.

Die Anstalt enthält zunächst einen Warteraum, wo unter anderem durch das Hilfspersonal Kinder mit ansteckenden Krankheiten behufs Abfertigung in Isolierzimmer ausgeschieden werden. Ferner ein Wiegezimmer, wo die Kinder gewogen und erforderlichenfalls gemessen werden; hier werden die Personalblätter, die für jedes Kind anzulegen sind, ausgeteilt. Es folgt das Arztzimmer, wo täglich, am besten in den frühen Nachmittagsstunden, der Arzt zu sprechen ist; das gesunde Kind soll ihm etwa alle 14 Tage, kranke häufiger, vorgestellt werden. Hier wird insbesondere die Ernährung des Kindes geregelt und die Ernährung an der Mutterbrust mit allen Mitteln gefördert. Außerdem ist eine Milchküche der Fürsorgestelle angegliedert, wo verschiedene Säuglingsnahrung bereitet und trinkfertig abgegeben wird; meist auch ein Kindergarten und eine Krippe, d. h. eine Anstalt zur Aufnahme der Kinder von außer dem Hause beschäftigten Müttern nur während der Arbeitszeit. Vom Arztzimmer gelangt das Kind in das Abfertigungszimmer, in welchem eine Schwester gemäß der ärztlichen Anordnung Bezugscheine für Säuglingsmilch oder Geldunterstützungen für die Frist bis zur nächsten Vorstellung des Kindes aushändigt. — Säuglingsschwestern, die gründlich vorgebildet und staatlich geprüft sind, ergänzen die Sprechstunden dadurch, daß sie vormittags die neu aufgenommenen Kinder in der Wohnung aufsuchen, und diese Besuche nach Bedarf wiederholen. Über die dabei gemachten Beobachtungen, auch über die hygienischen Verhältnisse der Wohnung usw., wird in einem Fragebogen berichtet.

Besondere Maßregeln erheischen noch die unehelich geborenen Säuglinge. In Berlin wurden 1909 47 709 Kinder geboren, darunter 9527 oder 20% unehelich (in München 29%). Ein erheblicher Prozentsatz scheidet jedoch aus dieser Rubrik der unehelichen Kinder aus, weil die Eltern nach — nicht selten anläßlich — der Geburt heiraten und das Kind legitimieren Die eigentlichen unehelichen Kinder sind ganz besonders gefährdet; 40% sterben im 1. Lebensjahre. Sie werden auf Kosten der Mutter oder im Unvermögensfalle der Mutter auf Kosten der Gemeinde meist gegen geringste Entschädigung bei Ziehmüttern

untergebracht, und die vorgeschriebene Konzessionspflicht sowie die Überwachung der Haltekinder durch die Ortspolizei kann Mißständen nur in ungenügender Weise vorbeugen. — Hier greifen teils Säuglingsheime helfend ein, welche auch uneheliche Mütter mit ihren Kindern aufnehmen; teils städtische Asyle, welche entweder dort die Säuglinge verpflegen oder sie in geeigneten Familien unterbringen. — In mehreren Städten (Leipzig) ist die Ziehkinderfrage zweckmäßig gelöst nach dem Taubeschen System; dieses sieht einmal für die unehelichen Kinder an Stelle des Einzelvormunds eine Generalvormundschaft des Armenamts vor, und zweitens eine hygienische Überwachung der Ziehmütter durch einen besonderen Arzt und besoldete Aufsichtsdamen.

Literatur: Tugendreich, Die Mutter- und Säuglingsfürsorge, Stuttgart 1910. — Tugendreich, Birk, Rolffs, Handb. d. Hygiene, 2. Aufl. 1914. — Säuglingsfürsorge in Groß-Berlin, 3. Internat. Kongreß für Säuglingsschutz, Berlin 1911. — Taube, Das Fürsorgewesen für Säuglinge, Kongreßbericht, Berlin 1907. — Sommersterblichkeit der Säuglinge: Willim, Z. f. Hyg. u. Inf., Bd. 62. — Liefmann u. Lindemann, Der Einfluß der Hitze usw., Braunschweig 1911. — Kathe, Sommerklima und Wohnung, Klinisches Jahrb., Bd. 25. — Flügge, Deutsche Revue 1911. — Rietschel, Zeitschr. f. Kinderheilk., Berlin 1911.

2. Kleinkinderfürsorge.

Als „Kleinkinder“ bezeichnet man Kinder im Alter von 1½ bis 6 Jahren. Die Sterblichkeit nimmt in diesem Lebensalter bedeutend ab; gegenüber 20% im Säuglingsalter sinkt sie im 2. Lebensjahr auf 4, im 6. etwa auf 0,7%. In das 2. Lebensjahr ragen noch tödliche Verdauungskrankheiten (namentlich in heißen Sommern) stark hinein; sie werden aber übertroffen von tödlichen Erkrankungen der Atemorgane Diese Todesursachen hören im 4. und 5. Lebensjahr fast auf; dagegen liefern Masern, Scharlach, Keuchhusten und Diphtherie von da ab höhere Sterblichkeitsziffern, weil der gesteigerte Verkehr der Kinder untereinander und der Besuch der Kindergärten in diesem Alter eine stärkere Ausbreitung der ansteckenden Krankheiten begünstigt. — Sehr bedeutungsvoll sind in diesem Alter eine Reihe von chronischen Erkrankungen, die nicht akut zum Tode führen, aber in späteren Jahren sich steigern und schwere Schädigungen veranlassen können. Dahin gehören Drüsentuberkulose, exsudative Diathese, namentlich aber Rachitis.

Letztere Krankheit besteht im wesentlichen in einer Entwicklungshemmung, die vorwiegend das Knochensystem betrifft und hier Verunstaltungen — Wirbelsäulenverkrümmung, Deformationen des Beckens, X-bein- und Plattfußbildung, mangelhafte Gebißentwicklung usw. — hervorruft; außerdem beobachtet man bei rachitischen Kindern chronische Katarrhe, Unterernährung, Schlaffheit der Muskulatur, schlechte Blutbildung, Reizbarkeit, Herabsetzung des Bewegungsdranges.

Sehr häufig zieht die Rachitis in späterer Zeit Verkrüppelung und Beeinträchtigung der Erwerbsfähigkeit und der Diensttauglichkeit nach sich. Sie tritt im 2. und 3. Lebensjahr besonders stark in Erscheinung; ferner in der Pubertät. In den Volksschulen werden 10 bis 30% der Kinder rachitisch befunden.

Um diesen Gesundheitsschädigungen zu begegnen, ist auch im Kleinkindesalter die Ernährung sorgfältig zu überwachen, vor allem aber reichliche Körperbewegung und viel Aufenthalt im Freien anzustreben. Kleinkinder-Fürsorgestellen sind in ähnlicher Weise wie die Säuglings-Fürsorgestellen einzurichten bzw. an diese anzugliedern. Für die zahlreichen Kleinkinder, die infolge der Erwerbstätigkeit der Mutter ungenügend versorgt sind, müssen Kinderbewahranstalten eingerichtet werden, deren hygienisch zweckmäßigste Form die Kindergärten sind. Hier soll der Betätigungsdrang des Kindes zwar ausgenutzt werden, um im Spiel etwas zu lernen; es soll aber vermieden werden, die Kinder lange sitzen zu lassen oder geistig anzustrengen, vielmehr sollen Bewegungsspiele (Marschier-, Geh-, Kreis-, Laufspiele) und Spielen auf dem Spielplatz hauptsächlich die Zeit ausfüllen, die das Kind im Kindergarten zubringt. Von Beschäftigungsspielen kommen die Fröbelspiele am meisten in Betracht (Stäbchenlegen, Aufbauen mit Klötzen, Papierfalten, Flecht- und Aufnäharbeiten usw.), welche die Handfertigkeit und das Auge bilden; ferner Erklären von Bildern, Märchenerzählungen, Lernen von Liedern. Überwachung der Kindergärten durch einen Arzt ist erforderlich, schon wegen der tunlichsten Einschränkung der Infektionsgefahr. — Eine besondere Abart bilden die Schulkindergärten, in welchen die wegen Schwächlichkeit beim Eintritt in die Schule zurückgestellten Kinder durch viel Aufenthalt im Freien, gute Ernährung und geeignete Spiele physisch und geistig gebessert werden sollen. — Auch öffentliche Kleinkinderspielplätze von 300—400 qm Größe, mit Sandbassin und Schutzdach (evtl. Panschwiese) sind in großer Zahl in die Bebauungspläne aufzunehmen.

Literatur: Kruse u. Selter, Die Gesundheitspflege des Kindes, Stuttgart 1914. — Tugendreich, l. c.

3. Die schulpflichtigen Kinder.

Da der Staat von den Eltern verlangt, daß sie ihre Kinder der Schule anvertrauen, muß erwartet werden, daß die Kinder in der Schule von keinen besonderen Gesundheitsstörungen bedroht werden. Es ist daher zu fordern, daß die Schulhäuser hygienisch einwandfrei gebaut sind, daß ferner das Mobilar und die Utensilien der Schulzimmer ohne Beeinträchtigung der Gesundheit benutzbar sind, daß der Betrieb der Schule die körperliche und geistige Entwicklung der Schüler nicht

schädigt, und daß in der Schule keine Verbreitung von kontagiösen Krankheiten stattfindet.

Nicht immer entsprechen die Schulen diesen Forderungen; vielmehr sind bei Schülern folgende Gesundheitsstörungen beobachtet, die durch den Schulbesuch hervorgerufen oder doch wesentlich unterstützt werden:

1. Die habituelle Skoliose. Sie entwickelt sich nur bei einer gewissen individuellen Disposition und wird namentlich bei Mädchen durch Handarbeiten außerhalb der Schule wesentlich unterstützt. Ein gewisser Einfluß der Schule ist aber oft unverkennbar. Fast stets handelt es sich um eine solche Verbiegung der Wirbelsäule, daß deren Konvexität nach rechts gerichtet ist, und diese entspricht gerade der bei schlechten Subsellien zustande kommenden Körperhaltung Bei einem weiten Abstand des Sitzes vom Tisch, bei zu großer Höhe des Sitzes und unrichtiger vertikaler Entfernung der Tischplatte von Sitz ist ein Schreiben in gerader Haltung des Körpers völlig unmöglich, zumal wenn eine rechtsschiefe Schrift gelehrt wird und die Beleuchtung mangelhaft ist. Der Oberkörper muß sich dann vielmehr nach vorn und links neigen, die rechte Schulter wird gehoben, die linke gesenkt und vorgeschoben; die Muskeln müssen angestrengt werden, um den Körper in dieser Lage zu halten, und durch Aufstützen der Brust oder des linken Armes auf die Tischplatte sucht das Kind sehr bald die ermüdenden Muskeln zu entlasten. Dabei kommt dann eine solche Verschiebung der Einzelschwerpunkte der oberen Körperteile zustande, daß eine entsprechende Verbiegung der Wirbelsäule die Folge ist.

2. Die Myopie. Nachweislich treten die Kinder mit hyperopischen oder emmetropischen Augen in die Schule ein. Es ist statistisch festgestellt, daß die Myopie mit der Dauer des Schulbesuches zunimmt, in den Gymnasien am häufigsten und hochgradigsten wird, in den Dorfschulen viel seltener und geringfügiger auftritt (H. Cohn). Zu hochgradiger Myopie kann sich später geradezu eine Abnahme des Sehvermögens gesellen.

Zur Entstehung der Myopie der Schulkinder disponiert vielleicht zu einem geringen Teil Rassendisposition und der Knochenbau des Gesichtsschädels (niedere Augenhöhlen), zu einem weit größeren Teil erbliche Anlage. Zur Ausbildung kommt die Myopie aber hauptsächlich durch mangelhafte Beleuchtung und die oben geschilderte schlechte Körperhaltung beim Lesen und Schreiben. Der Kopf des infolge unzweckmäßiger Subsellien vornübergebeugten Oberkörpers muß sich bei ungenügender Beleuchtung tief senken und das Auge der Tischplatte stark nähern; das Auge muß daher fortdauernd forciert für die Nähe akkommodieren, die Sehachsen konvergieren übermäßig, die Blut-

zirkulation im Bulbus wird gestört, und diese Momente scheinen dahin zusammenzuwirken, daß Dehnungszustände in der Nähe des hinteren Pols entstehen und eine Verlängerung der sagittalen Bulbusachse eintritt.

Zweifellos können auch schlechte Beleuchtung und unzweckmäßiges Sitzen im Hause, ferner feine Handarbeiten usw. die Ausbildung der Myopie unterstützen. Es kommt aber darauf an, daß die Schule keinesfalls an einer solchen Gesundheitsstörung direkt oder durch übermäßige Hausaufgaben indirekt ursächlich beteiligt ist, und daß vorsichtige Eltern, die für ihr Kind aufs gewissenhafteste sorgen, nicht durch die Schule Gefahren für dasselbe fürchten müssen.

3. Stauung des Blutabflusses aus Kopf und Hals, infolgedessen häufiges Nasenbluten und vielleicht auch der zuweilen beobachtete Schulkropf werden als eine weitere Konsequenz der oben geschilderten Schreibhaltung aufgefaßt.

4. Erkältungskrankheiten entstehen namentlich durch schlechte Heizeinrichtungen, stark strahlende Heizkörper, überhitzte oder ungenügend erwärmte Schulzimmer, durch unzweckmäßige Lüftungseinrichtungen, namentlich Fensterlüftung während des Unterrichts bei ungeeigneter Witterung (s. unten); oft auch durch Sitzen in durchnäßten Kleidern und nassem Schuhzeug.

5. Ernährungsstörungen und nervöse Überreizung kommen bei Schulkindern zur Beobachtung, wenn dieselben zu einem zu ausgedehnten Sitzen und zu einer im Verhältnis zu ihren Anlagen übermäßigen geistigen Anstrengung gezwungen sind. Es läßt dann oft der Appetit nach, die Ernährung wird unzureichend, und im kindlichen Alter treten daraufhin außerordentlich schnell anämische Erscheinungen und abnorme Reizbarkeit hervor.

6. Kontagiöse Krankheiten rücken unter den für das Schulalter im ganzen sehr niedrigen Sterbeziffern relativ stark in den Vordergrund; namentlich die akuten Exantheme und Diphtherie sind in der ersten Periode des Schulbesuchs eine häufige Krankheits- und Todesursache. Das ist leicht verständlich, wenn man bedenkt, daß die Kinder oft noch mehrere Tage die Schule besuchen, nachdem sie bereits an einer kontagiösen Krankheit erkrankt sind, daß sie ferner häufig noch mit Krankheitserregern auf den Schleimhäuten und mit gar nicht oder ungenügend desinfizierten Kleidern in die Schule zurückkommen, nachdem sie eine kontagiöse Krankheit überstanden haben. Die Ansteckung erfolgt bei den Kindern um so eher, als unter ihnen fortwährend naher Verkehr, Anhusten und Berührungen stattfinden und sogar gemeinsamer Genuß von Lebensmitteln, gemeinsame Trinkbecher usw. sehr verbreitet sind. Auch können sich bei den lebhaften Bewegungen der Kinder eingeschleppte Keime von den Kleidern ablösen und sich in der Luft des

Schulzimmers verbreiten, die stets große Mengen Kleiderstaub zu enthalten pflegt.

Alle genannten Schädigungen führen bei Schulkindern relativ selten zu tödlichen Erkrankungen, sind aber deshalb nicht weniger verhängnisvoll. Die Zahl der Todesfälle beträgt für die preußische großstädtische Bevölkerung für das Alter von 5—10 Jahren nur 3,55, für das Alter von 15—20 Jahren 2,33 auf 1000 Lebende. Auch die Todesfälle an Tuberkulose treten im Schulalter ganz zurück; sie halten sich in Preußen für Kinder von 5—15 Jahren unter 5 auf 10 000 Lebende der betreffenden Altersklasse. Wohl aber können tuberkulöse Erkrankungen fortbestehen und neue erworben werden, die erst viel später zum tödlichen Ende führen.

Die Maßregeln zum Schutze der Schulkinder betreffen teils die baulichen Einrichtungen des Schulhauses, teils das Mobilar und die Utensilien, teils den Betrieb der Schule.

A. Bauliche Einrichtungen.

Das Terrain für den Schulbau ist reichlich zu bemessen; unbedingt ist ein Spielplatz in Aussicht zu nehmen, der mindestens 3 qm pro Kind Fläche bietet. Ein größerer Platz für Jugendspiele ist außerdem vorzusehen, sei es nahe am Gebäude, sei es in größerer Entfernung. — Das Schulgebäude soll nur aus zwei Stockwerken bestehen. Hygienisch am günstigsten ist ein Pavillonsystem, bei dem Einzelgebäude von je 2—4 Klassen um den gemeinschaftlichen Spielplatz gruppiert werden. Nicht empfehlenswert sind die Hallenschulen, bei denen eine in der Mitte gelegene gedeckte Halle den Schulhof ersetzt. Das Fehlen der freien Luftbewegung hindert hier die Erholung der ermüdeten Kinder; statt dessen kommt es leicht zu lästigem Zug, und die Gebäudefronten müssen zum Teil ungünstig orientiert werden. — In den meisten Fällen ist man an größere Zentralbauten nach dem Korridorsystem gebunden; es ist aber dahin zu streben, daß der Korridor an der einen Längsseite des Gebäudes angelegt wird, an der anderen Seite die Klassenräume; ein Korridor zwischen zwei Reihen Zimmern ist in bezug auf Licht- und Luftzufuhr erheblich ungünstiger. — Mit bezug auf die Himmelsrichtung ist eine Lage der Fenster nach Osten zu vermeiden wegen des zur Zeit der Schulstunden weit ins Zimmer einfallenden Sonnenlichts, das die verschiedenen Plätze sehr ungleich mit Licht und Wärme versorgt und teilweise blendend wirkt. Die Richtung gegen Süden ist weniger ungünstig, weil die Sonnenstrahlen namentlich im Sommer nicht so tief ins Zimmer einfallen. Die Lage nach Westen oder Nordwesten ist zweckmäßig, wenn am späteren Nachmittag kein Unterricht gehalten wird; andernfalls ist die Lage gegen Norden vorzuziehen, vorausgesetzt,

daß die Lage des Gebäudes nach dieser Seite eine völlig freie ist und gute Heizvorrichtungen vorhanden sind.

Die einzelnen Schulzimmer sollen im allgemeinen nicht mehr als 9—10 m lang sein, weil bei größerer Länge das Sehen der Tafel und die Überwachung der Schüler auf Schwierigkeiten stößt. Die Tiefe der Zimmer wird gewöhnlich auf höchstens 7 m normiert und richtet sich im übrigen nach den gebotenen Lichtverhältnissen (vgl. Kap. VII). Die Höhe soll 4—4½ m betragen; bei geringerer Höhe ist der Einfallswinkel des Lichts ungünstig, bei zu großer Höhe wird über zu starke Resonanz geklagt. Der maximale Kubikraum eines normalen Schulzimmers berechnet sich demnach auf 250—300 cbm, die höchste Zahl von Schülern, welche ohne Nachteile in einem Schulzimmer überhaupt untergebracht werden können, nach den im Abschnitt „Lüftung“ gegebenen Berechnungen auf 50.

Die Wände des Zimmers sind in hellgrauer Öl- oder Leimfarbe zu streichen; wo möglich soll wenigstens ihr unteres Drittel abwaschbar sein. — Der Fußboden soll massiv, mit Belag von Filzlinoleum, hergestellt sein, oder aus hartem Holz, das mehrfach mit siedendem Leinöl getränkt ist, möglichst gut gefugt und mit einem staubbindenden wasserunlöslichen Mineralöl, wie „Dustless“, „Staubfrei“, „Sternolit“, imprägniert sein; ungestrichener Fußboden muß wenigstens so beschaffen sein, daß er sich leicht mit feuchten Lappen oder feuchten Sägespänen reinigen und staubfrei machen läßt.

Lichtöffnungen. Keinesfalls darf seitliches Licht von der rechten Seite der Schüler her einfallen, da sonst der Schatten der schreibenden Hand auf das Papier fällt und eine zu starke Annäherung des Auges nötig ist, um noch den Kontrast zwischen den Buchstaben und dem relativ dunklen Papier wahrzunehmen. — Ebensowenig soll das Licht von hinten her einfallen; es wirft dann der Kopf einen Schatten auf das Papier, und außerdem wird der Lehrer durch eine solche Beleuchtung geblendet und an der Überwachung der Schüler gehindert. Nur bei sehr hohen Fenstern und kurzen Klassenräumen ist Beleuchtung von hinten zulässig, weil diese dann mehr den Charakter des Oberlichts bekommt. — Beleuchtung von vorn ist ebenfalls unstatthaft, weil die Schüler geblendet und z. B. an dem Lesen der Tafel gehindert werden. — Auch bilaterales Licht ist unrichtig, sobald nicht die rechtsseitigen Fenster sehr stark zurücktreten; denn es kommt dabei immer zu einem deutlichen Schatten der Hand auf dem Papier, und zwar bei den am weitesten rechts sitzenden Schülern am stärksten.

Die einzig richtige Art der Beleuchtung ist entweder der Lichteinfall von links oder Oberlicht. Bei letzterem findet allein eine völlig gleichmäßige Verteilung des Lichts statt, es bestehen keine besseren

und schlechteren Plätze, und auch die Tiefe des Zimmers ist so gut wie unbeschränkt. Jedoch ist die Einführung des Oberlichts nur in wenigen Räumen möglich, und somit sind wir gewöhnlich auf den Lichteinfall von der linken Seite her angewiesen.

Ob die nötige Lichtmenge für jeden Platz geliefert wird, darüber sind vor dem Bau des Hauses Berechnungen nach der im Kapitel „Wohnung" (S. 375) beschriebenen Methode anzustellen. Nach Fertigstellung des Gebäudes ist die Lichtmenge für die zweifelhaften Plätze nach dem ebendort geschilderten Verfahren zu kontrollieren.

Die Fenster sollen mindestens 20% der Bodenfläche des Zimmers ausmachen; selbstverständlich sollen sie nahe zusammengedrängt und nicht durch stärkere Pfeiler getrennt werden. Nach oben müssen sie möglichst hoch hinaufreichen; nach unten dagegen nicht zu weit hinabreichen, damit die horizontalen Strahlen, die nur blendend wirken, abgehalten werden; die Brüstung soll im allgemeinen 1,20 m hoch sein. Die das Fenster begrenzenden Pfeiler und Mauern sind nach innen abzuschrägen. — Gegen direktes Sonnenlicht gewähren Jalousien und Marquisen einen wenig zweckmäßigen Schutz, weil sie bei wechselnder Bewölkung fortwährend reguliert werden müssen. Am besten sind hellgraue Vorhänge, die in einem gewissen Abstand vor dem Fenster herabhängen und seitlich verschiebbar sind; dieselben können die durch einen Teil des Fensters einfallenden Sonnenstrahlen abblenden, während der andere Teil des Fensters frei bleibt und diffuses Tageslicht liefert.

In ungenügend belichteten Schulräumen hat man versucht, durch Hennigsche Tageslichtreflektoren mehr Licht zu gewinnen. Dieselben bestehen aus einer drehbaren Glasplatte von der Breite des Fensters, die außen vor dem oberen Fensterteil in solchem Winkel angebracht sind, daß das auf die spiegelnd gemachte obere Fläche fallende Himmelslicht in das Zimmer reflektiert wird. Es kann dadurch wohl die allgemeine Helligkeit im Zimmer erhöht werden, dagegen gelingt es nicht, den Arbeitsplätzen mehr nutzbares Licht zuzuführen. Hierzu können evtl. geeignete Prismen (Luxferprismen) benutzt werden, die aber sehr sauber zu halten sind. Doch ist eine ausreichende Hilfe auf diesem Wege überhaupt kaum zu beschaffen.

Bezüglich der künstlichen Beleuchtung s. die S. 386 begründeten Anforderungen. — Bei der künstlichen Beleuchtung von Schulsälen (Hörsälen) mit einer Mehrzahl von Lichtquellen hat man es bisher als einen Übelstand empfunden, daß eine Lampe den Lichtbereich der anderen durch Werfen von Schatten (Hand, Kopf, Vormann usw.) stört, und daß ein Teil der Schüler gezwungen wird, durch einige der Flammen hindurch oder an ihnen vorbei nach dem Vortragenden zu sehen. Man hat daher versucht, die künstliche Beleuchtung der natürlichen mit Tageslicht dadurch ähnlicher zu machen, daß man mittels unter den Lampen angebrachter Reflektoren deren Licht in diffuses verwandelt, indem man es zwingt, zunächst an die hellgeweißte Decke des Raums (oder gegen einen größeren Reflektor) und von da in die unteren Partien des Raums auszustrahlen (indirekte Beleuchtung bzw. halbindirekte). Bei Ein-

richtungen dieser Art geht wohl ein Teil des Lichts verloren, dafür ist aber die Beleuchtung sehr gleichmäßig und angenehm.

Heizung. Bezüglich der Heizung ist zu verlangen, daß die Temperatur während der ganzen Schulzeit und auf allen Plätzen des Schulzimmers nur zwischen 17 und 20°, bei Zentralheizung zwischen 16 und 19° schwankt. Diese Forderung findet man jedoch sehr selten erfüllt; fast stets beobachtet man bei der Untersuchung von Schulen, daß die Kinder unter Abnormitäten der Heizung sehr stark zu leiden haben. Oft findet Überheizung statt (namentlich bei Zentralheizungen), ebenso erhebliche Schwankungen der Temperatur. Der Überheizung pflegen die Lehrer durch Öffnen der Fenster während des Unterrichts zu begegnen. Wie bereits oben ausgeführt wurde, werden dadurch leicht Erkältungskrankheiten hervorgerufen. Die einströmende kalte Luft senkt sich rasch nach unten und trifft als kalter Luftstrom hauptsächlich Füße und Beine der ruhig sitzenden Schüler, während der Lehrer durch Ortswechsel und Bewegung sich der schädlichen Einwirkung der kalten Luft entziehen kann. In dieser Weise eine Überwärmung zu bekämpfen, ist daher durchaus unstatthaft. Vielmehr ist darauf zu halten, daß durch eine verständige Handhabung der Heizung von vornherein jede Überwärmung vermieden wird. Vor dem Beginn der Schule soll die Temperatur nicht über 16° betragen; die von den Kindern selbst produzierte Wärme bewirkt dann einen raschen Anstieg bis 18° und mehr. Die Heizkörper sollen während der Unterrichtsstunden keine oder nur sehr geringe strahlende Wärme liefern. Sehr zweckmäßig für Schulen sind automatische Regulatoren.

Durch die Art der Heizanlage können Mißstände niemals ganz ausgeschlossen werden; in der Hauptsache kommt es bei jedem Heizsystem auf die richtige Handhabung an. Allerdings ist die Erzielung normaler Temperaturverhältnisse bei Ofenheizung besonders schwierig. Sind die Öfen noch während des Unterrichts warm, so resultiert eine sehr ungleiche Verteilung der Wärme auf die einzelnen Plätze; Schutz durch Ofenschirme bessert die Verhältnisse etwas, aber nicht genügend. Kachelöfen sind abends zu heizen, so daß während des Unterrichts das Schulzimmer nur von den durchgewärmten Wänden aus geheizt wird. Die massigen Öfen, die in den Schulen verwendet werden, sind aber stets wenig regulierfähig und folgen den plötzlichen Schwankungen der Außentemperatur schlecht. Mantel-Regulier-Füllöfen sind besser anpassungsfähig, erfordern aber fortgesetzte aufmerksame Regulierung. Gasöfen gewähren zwar die feinste Abstufung und völlige Staubfreiheit, sind aber teuer im Betriebe und nur zulässig bei sorgfältiger Überwachung, die meistens nicht gewährt werden kann.

Von Zentralheizungen kommt die Luftheizung nur in Betracht, wenn alle oben (Kap. „Heizung“) als notwendig bezeichneten Vorsichtsmaßregeln, insbesondere Mischkanäle für jedes Zimmer, bei der Anlage berücksichtigt sind.

Gerade unter unvollkommenen Luftheizungsanlagen haben Lehrer und Schüler besonders stark zu leiden. Für den Betrieb einwandfreier Luftheizungsanlagen ist ein Heizer, der während der Heizzeit sich nur um die Heizungen zu kümmern hat, unerläßlich. — Niederdruckdampf- und Warmwasserheizung sind für Schulen am zweckmäßigsten. Vielfach kombiniert man die Niederdruckdampfheizung mit einer Luftheizungsanlage, damit auch während des Unterrichts Zufuhr frischer vorgewärmter Luft und Abfuhr der verbrauchten Luft erfolgen kann. Auch dann muß die Luftheizung mit allen Kautelen umgeben sein.

In allen Fällen sind die Heizer mit genauer Instruktion zu versehen; und da diese namentlich bei Zentralheizungen lediglich die Sorge zu haben pflegen, daß die Zentralheizung ihnen ausgeht, ist in der Instruktion das Vermeiden des Überheizens in erster Linie zu betonen. — Wo möglich sind Fernthermometer einzuführen; andernfalls ist jede Klasse mit richtig aufgehängten leicht ablesbaren Thermometern (Skala nur von 0 bis 30°!) auszustatten; nur nach Angabe dieser Thermometer soll die Regulierung der Heizung erfolgen. Keinesfalls steht diese den Lehrern zu. Hat ein Lehrer abnormes Temperaturempfinden, so daß ihm Zimmerwärme von 17 bis 19° zu warm oder zu kalt erscheint, so muß er durch seine Kleidung sich anzupassen suchen. — Die Schulärzte (s. unten) sollten durch gelegentliche Aufstellung von Thermographen die Heizung der Schulen kontrollieren.

Ventilation. Eine fortlaufende Lüftung der Schulräume ist im Sommer vor allem deshalb notwendig, weil sie die Entwärmung und die Wasserdampfabgabe der Kinder erleichtert, Wärmestauung verhütet und dadurch die Kinder frisch und leistungsfähig erhält. — Außerdem gelangen während des ganzen Jahres bei starker Füllung der Schulklassen riechende gasförmige Verunreinigungen in solcher Menge in die Luft, daß beim Betreten des Zimmers Belästigung und Ekelgefühl entstehen kann. — Soviel als möglich ist zunächst die Produktion von riechenden Verunreinigungen der Luft zu hindern; es ist dafür zu sorgen, daß die Mäntel der Kinder außerhalb des Schulzimmers bleiben, insbesondere bei nassem Wetter; ferner sind Schulbäder in möglichster Verbreitung einzuführen, am besten in Form der Brausebäder, die 3—4 Minuten dauern und bei denen durch selbsttätige Regulierung die Temperatur des Wassers allmählich von 35° auf 22° heruntergeht.

Eine Fortschaffung der produzierten Wärme und Luftverunreinigung erfolgt am besten durch gründliche Zuglüftung des von den Schülern verlassenen Schulzimmers durch Öffnen von Fenster und Tür in jeder Pause zwischen zwei Unterrichtsstunden, je nach Außentemperatur und Wind 2—5 Minuten lang. Wo diese Vorschrift aufmerksam befolgt wird, ist eine besondere Ventilation während der Stunden selten mehr erforderlich. Nur auf diese Weise ist auch Staub, der reichlich vorhanden zu sein pflegt, aus der Luft fortzuschaffen. — Soll während des Unterrichts Lüftung erfolgen, so ist diese im Winter am

besten an die Heizvorrichtungen anzuschließen; für den Sommer sind herabklappbare obere Fensterscheiben mit seitlichen Schutzblechen zu benutzen; Aspirationskamine in den Innenwänden, mit Einströmöffnung 20 cm über dem Fußboden, sollten in jedem Schulzimmer die Lüftung unterstützen. Für die Aborte kommen nur Aspirationskamine in Betracht; oder wenn diese fehlen und nur Fensterlüftung möglich ist, Einschaltung eines Vorraums, der durch ein nach außen führendes Rohr dauernd unter Überdruck steht und die Verbreitung der Gerüche ins Haus hindert (Uber).

B. Mobiliar und Utensilien.

Subsellien. Schulbänke, welche Lesen und Schreiben bei gerader Haltung des Oberkörpers gestatten, müssen:

1. richtige Distanz haben, d. h. richtige horizontale Entfernung des vorderen Bankrandes vom inneren Tischrand. Ist diese Distanz positiv, wie bei den alten Schulbänken, so ist ein Vorbeugen des Oberkörpers unausbleiblich. Die Distanz soll vielmehr gleich Null oder schwach negativ, z. B. —2,5 cm, sein.

Die Minusdistanz bringt den Nachteil mit sich, daß die Schüler nur schwer in die Bank hinein- und aus derselben herauskommen und daß sie auf ihrem Platz nicht aufstehen können. Um dies zu ermöglichen, macht man die Bänke nur zweisitzig, so daß die Kinder, wenn sie aufgerufen werden, neben die Bank treten können. — Oder man macht die Distanz veränderlich, indem

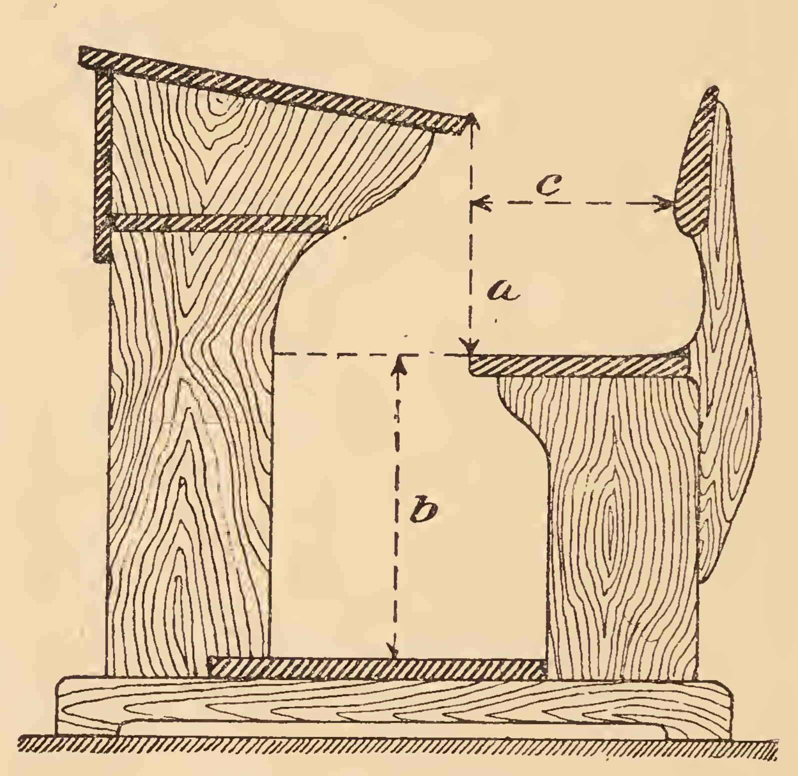


Fig. 119. Schulbank mit Nulldistanz (das Lot von dem inneren Tischrand trifft den vorderen Bankrand). *a* Differenz. *b* Sitzhöhe. *c* Lehnenabstand.

entweder die Tischplatte zurückklappbar hergestellt, und zwar der Länge nach geteilt wird, so daß das untere Drittel aufgeklappt und evtl. auch als Lesepult verwendet werden kann (Fahrner, Cohn); die Scharniere werden jedoch leicht verdorben;

oder die Tischplatte ist verschiebbar; wird sie eingeschoben, so ist eine Plusdistanz von 10 cm vorhanden, so daß ein Aufstehen bequem möglich wird; im ausgezogenen Zustand dagegen resultiert eine Minusdistanz bis 5 cm (s. Fig. 120 u. 122).

Oder die Sitze werden beweglich eingerichtet, entweder aufklappbar oder drehbar, oder Pendelsitze nach dem Muster der Kaiserschen bzw. verschieblich nach Art der Hippaufschen Bank (bei letzterer bildet eine Leiste nahe dem Boden den Drehpunkt für eine Vor- und Rückwärtsbewegung des Sitzbrettes); beim Aufstehen wird der Sitz nach hinten bewegt, beim Niedersitzen vorgedrückt (s. Fig. 121). — Alle diese beweglichen Konstruktionen verursachen leicht Geräusche und können zu mißbräuchlicher Benutzung anregen.

2. Für die Schreibhaltung ist außerdem der Lehnenabstand (c in Fig. 119) maßgebend, der etwa ⅕ der Körpergröße des Schülers betragen soll. Meist wird heute, wo Plusdistanzen überhaupt nicht mehr konstruiert werden, an Stelle der Forderung der Minus- oder Nulldistanz nur der Lehnenabstand berücksichtigt. Er soll so bemessen sein, daß dem Kinde beim Schreiben die Stütze durch die Lehne nicht verloren geht. Da dann aber der Abstand für den Ruhesitz leicht zu eng wird, ist auf Tische mit veränderlicher Distanz zu achten. — Auch verstellbarer Lehnenabstand läßt sich einrichten (s. Fig. 123).

3. Richtige Differenz, d. h. richtiger vertikaler Abstand des inneren Tischrandes von der Bank (a in Fig. 119). Der zum Schreiben im Ellbogen gebeugte und etwas nach vorn geschobene Vorderarm soll ohne Hebung oder Senkung der Schulter auf die Tischplatte zu liegen kommen; also muß die Differenz gleich sein der bei frei herabhängendem Arm gemessenen Entfernung von der Bank bis zum Ellbogen plus einem Maß, das dessen Höherlage beim Vorschieben zum Schreiben entspricht; dieses Maß beträgt ungefähr 2 cm. Im ganzen rechnet man für die Differenz bei Knaben etwa 16 %, bei Mädchen 17 % der Körperlänge (bei letzteren etwas mehr wegen der dickeren Unterlage von Kleidung).

4. Richtige Höhe des Sitzes (b in Fig. 119). Ist der Sitz zu hoch, so setzt sich das Kind auf die vordere Kante der Bank und lehnt sich nach vorn, um mit den Füßen den Boden zu erreichen. Es soll jedoch bei gerader Haltung des Oberkörpers der Fuß mit ganzer Sohle auf dem Boden oder dem Fußbrett ruhen; daher muß die Sitzhöhe der Länge des Unterschenkels vom Hacken bis zur Kniebeuge entsprechen. Diese beträgt etwa $^2/_7$ der Körperlänge, aber mit einer kleinen Progression fortschreitend. Das Sitzbrett wird entweder geschweift oder erhält besser eine schwache Neigung nach hinten, so daß es dort einen Zentimeter tiefer steht als vorn.

Für die 3 von der Körpergröße abhängigen Bankmaße gelten folgende Zahlen (in Zentimeter):

Körpergröße	unter 116 cm	116 bis 124 cm	124 bis 142 cm	132 bis 141 cm	141 bis 150 cm	150 bis 160 cm	160 bis 170 cm	über 170 cm
Sitzhöhe	30,2	32,3	34,7	37,1	39,8	42,6	45,6	48,6
Differenz	19,5	20,6	21,9	23,2	24,6	26,0	27,6	29,2
Lehnenabstand . .	22,0	23,5	25,0	26,6	28,3	30,0	31,8	33,6

5. Richtige Lehne. Die beste Stütze des Oberkörpers wird erreicht durch eine geschweifte, im Kreuz vorspringende und oben zurückweichende Rückenlehne. Bei einer geraden Rückenlehne schwebt gerade der untere Teil der Brustwirbelsäule und die Lendenwirbelsäule frei zwischen Stütze und Bank. Es lassen sich auch Schulbänke konstruieren (Schenk, Lorenz) mit stark zurückweichender Rückenlehne und lehnsesselartigem Sitz, so daß der ganze Oberkörper in allen Teilen gestützt wird. Das Pult muß dann stark geneigt sein.

6. Die Tischplatte soll einen horizontalen Teil enthalten, der die Tintenfässer aufnimmt und 10 cm breit gerechnet wird. Der vordere Teil soll geneigt (und zwar 1 : 5 bis 1 : 4) und 35—40 cm breit sein. Für den Platz eines Kindes sind nicht unter 50 cm, bei größeren Kindern nicht unter 60 cm Banklänge zu rechnen.

Da Differenz, Sitzhöhe und Lehnenabstand der Subsellien nach der Größe der Kinder bemessen werden müssen, da aber in derselben Klasse gewöhnlich Kinder von sehr verschiedener Körpergröße sitzen, so ist vom hygienischen Standpunkt aus unbedingt zu fordern, daß die Kinder einigermaßen nach ihrer Körpergröße gesetzt werden und daß sie den Platz auf der für sie passenden Bank ein für allemal behalten. Das Setzen nach dem Ausfall der Zensuren oder gar das Zertieren ist mit diesen Forderungen der Hygiene nicht in Einklang zu bringen. In jeder Klasse sollten mindestens 3 Bankgrößen vorhanden sein.

7. Das Fußbrett soll eine schnellere Trocknung von feuchtem Schuhzeug ermöglichen und die Wärmeentziehung durch die direkte Berührung der Füße mit dem Fußboden verhindern. Es muß mit Rillen oder Schlitzen versehen sein, um das Verstauben des eingeschleppten Schmutzes zu verhüten. Auch darf es die Reinigung des Fußbodens nicht erschweren und muß eventuell aufklappbar sein.

Außer den hygienisch-pädagogischen Gesichtspunkten, die für die vorstehend aufgeführten Normen maßgebend waren, kommen noch andere Interessen bei der Konstruktion und Auswahl der Subsellien in Betracht; namentlich die Reinhaltung des Fußbodens. In dieser Beziehung unterscheidet man

1. Schwellen-Schulbänke, bei denen Sitz und Pult auf zwei links und rechts angeordneten Schwellen montiert sind (Fig. 120). Sie werden auf dem Fußboden nicht befestigt und müssen zwecks Reinigung des letzteren zur Seite gerückt werden.

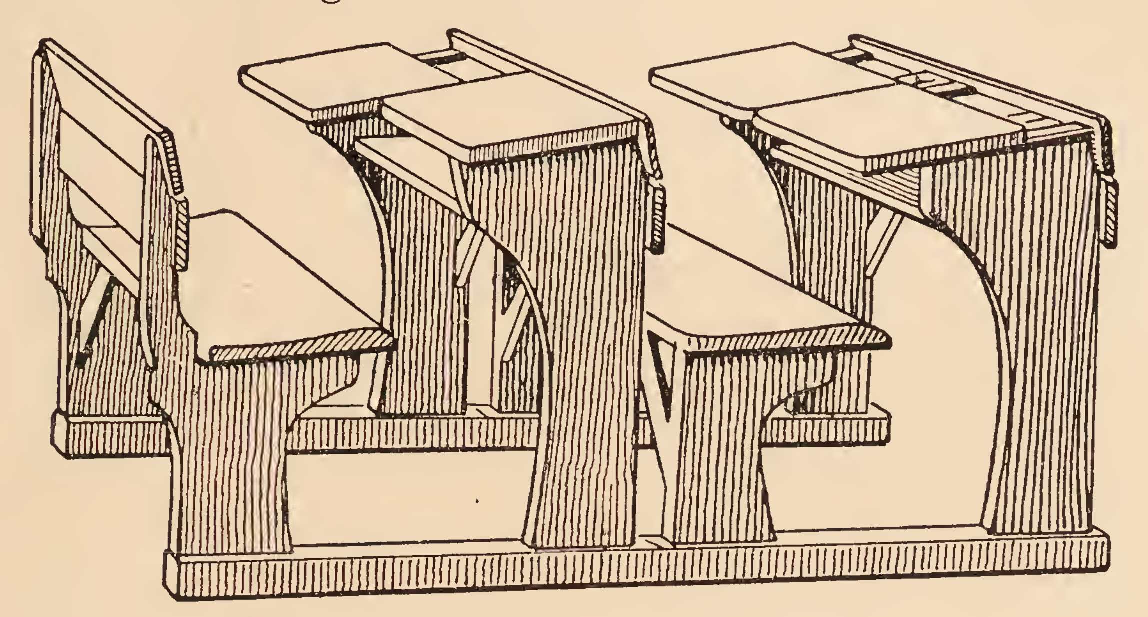


Fig. 120. Schwellenbank mit Schiebepulten. (Nach P. Joh. Müller, Charlottenburg.)

2. Umlegbare Bänke (Rettig-Bank, Fig. 121) mit gelenkiger Anordnung am Fußboden, so daß die ganze Bank leicht seitlich umgelegt werden kann. Durch die sog. freiliegende Wechselschiene,

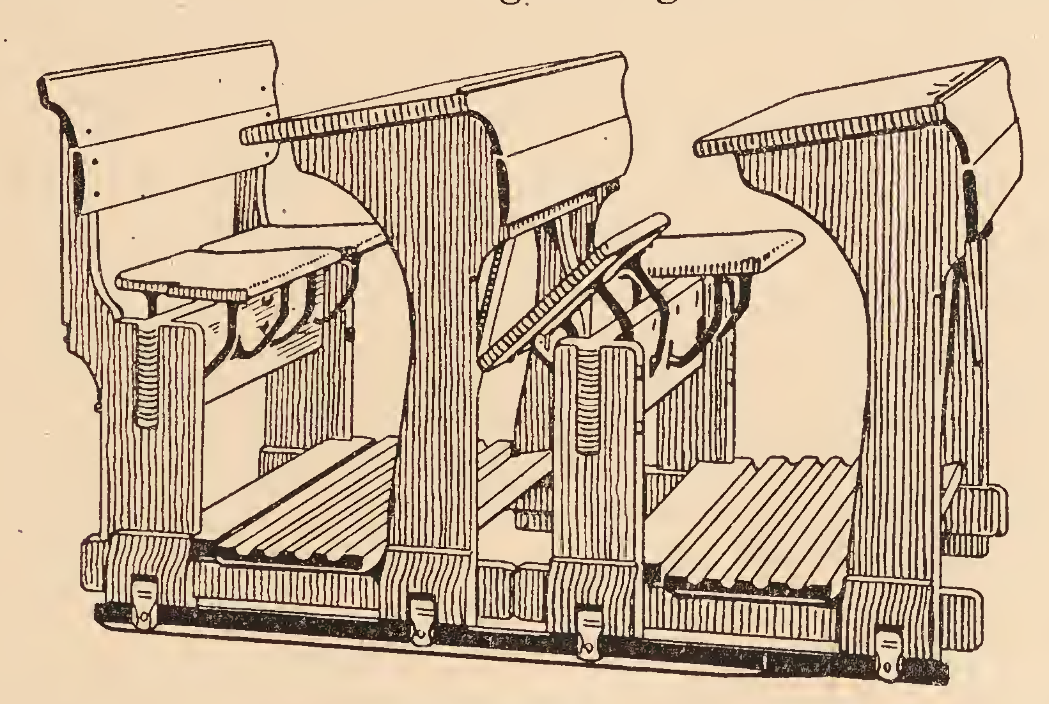


Fig. 121. Umlegbare Rettig-Bank mit Pendelsitzen. (Nach P. Joh. Müller, Charlottenburg.)

welche ohne Befestigung auf den Fußboden gelegt wird, ist eine Auswechslung verschiedener Subsellien möglich. Die Reinigung des Fußbodens kann bei umgelegten Bänken sehr vollständig erfolgen.

3. Schwellenlose, auf Füßen stehende Mittelholmbänke (Fig. 122, 123). Tisch und Bank sind hier nicht durch seitliche Schwellen, sondern in Sitzhöhe durch einen hölzernen Holm oder eine eiserne Versteifung zu einem festen Ganzen verbunden. Ermöglichen ebenfalls leichte Reinigung und sind auswechselbar.

Schulutensilien. Als Wandtafeln sollen weiße Tafeln mit schwarzer Schrift benutzt werden; oder wenigstens mattschwarze, evtl. mit Schieferüberzug versehene Tafeln, auf welchen mit weicher weißer Kreide geschrieben wird. Bei einem Schulzimmer von 9 m Länge sollen die an der Tafel geschriebenen Buchstaben eine Grundstrichhöhe von mindestens 66 mm und eine Grundstrichdicke von 12 mm haben. —

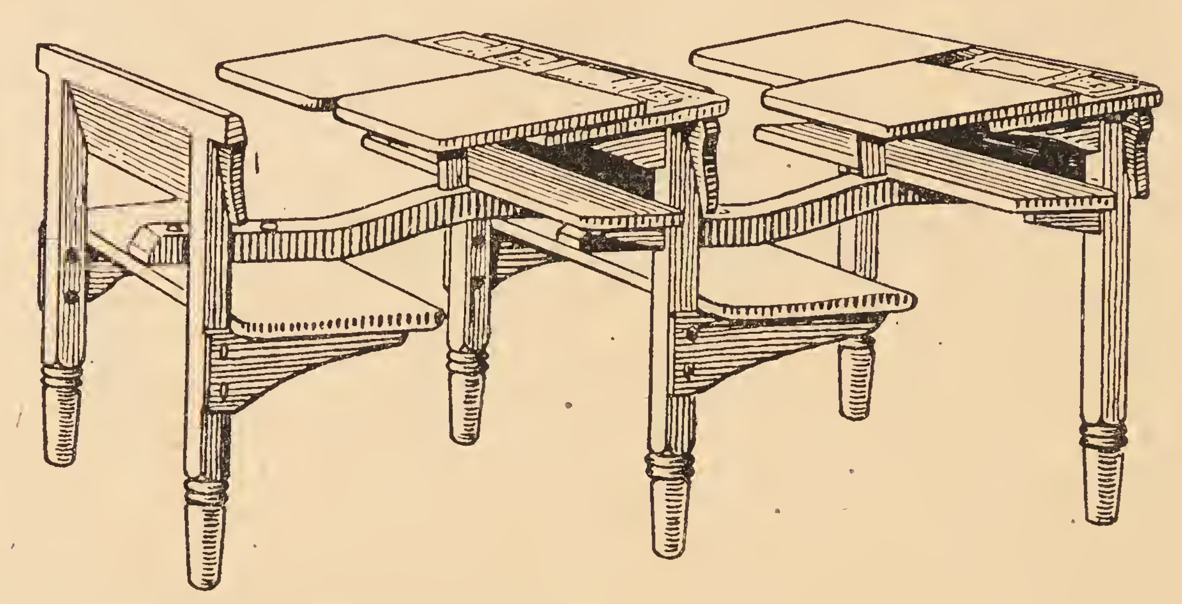


Fig. 122. Mittelholmbank mit Schiebepulten. (Nach P. Joh. Müller, Charlottenburg.)

Schulbücher sollen ein rein weißes oder höchstens schwach gelbliches, von Holzstoff möglichst freies Papier haben von mindestens 0,075 mm Dicke.

Für den Buchdruck gelten nach den zuerst von H. Cohn, später namentlich von A. Weber und neuerdings von Graupner festgesetzten Normen, die

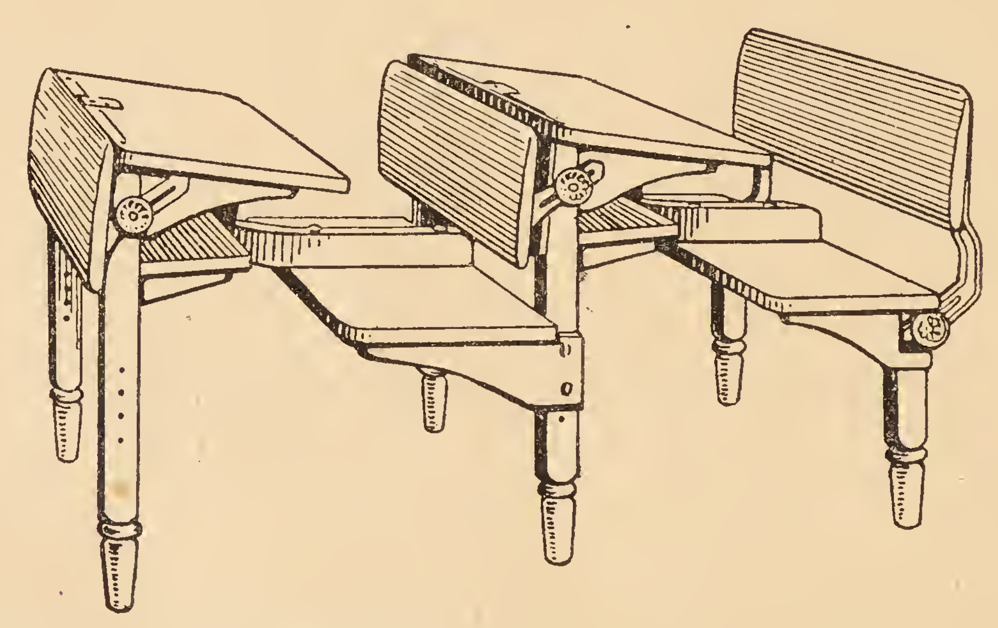


Fig. 123. Mittelholmbank mit verstellbaren Lehnen. (Nach P. Joh. Müller, Charlottenburg.)

auf dem 2. Internationalen Kongreß für Schulhygiene in London 1907 und auf der 10. Jahresversammlung des Deutschen Vereins für Schulgesundheitspflege in Dessau 1909 gutgeheißen wurden, für Erwachsene folgende Grenzwerte:

Grundstrichhöhe (kleines n) mindestens	1,5 mm
Grundstrichdicke mindestens	0,25 „

Approche (Abstand zwischen 2 Buchstaben) größer als der Zwischnraum zwischen seinen Grundstrichen, mindestens	0,5 mm
Zahl der Buchstaben in 10 cm-Zeile höchstens	60 „
Durchschuß (Höhenabstand zweier Zeilen) mindestens .	2,5 „

Für Schulbücher sind insbesondere von Graupner folgende Forderungen präzisiert, denen z. B. im Dresdener Schullesebuch „Muttersprache“ Rechnung getragen ist:

	Grundstrichhöhe:	Durchschuß:
Stufe 1, Fibel . . .	3—9 mm	5—18 mm
„ 2	2,1—2,4 „	3,5—4,5 „
„ 3 und 4 . . .	1,8 „	3,0 „
„ 5 (Oberstufe) .	1,75 „	2,5 „

Nach H. Cohn prüft man, ob ein Schulbuch den hygienischen Anforderungen bezüglich des Druckes entspricht, am einfachsten dadurch, daß man ein Stück Papier mit einer 1 qcm großen Öffnung auf die Zeile legt; es dürfen dann nicht mehr als zwei Zeilen sichtbar sein. — Die Schiefertafeln der Kinder sollen sobald als möglich durch Papier und Tinte ersetzt werden, da allgemein brauchbare weiße Tafeln und dunkle Stifte noch nicht existieren. Tintenbuchstaben gleicher Größe verhalten sich in bezug auf ihre Wahrnehmbarkeit zu den auf der Schiefertafel geschriebenen Buchstaben wie 4 : 3, mit Bleistift geschriebene Buchstaben zu den letzteren wie 8 : 7.

Ein Nachteil liegt in der jetzt noch vielfach gelehrten rechtsschiefen Kurrentschrift und in der schiefen Rechtslage des Schreibheftes. Bei ganz gerader Körperhaltung erscheint eine gerade mediane Lage des Heftes (vor der Mitte des Körpers) und eine Schrägschrift von links oben nach rechts unten oder wenigstens eine gerade Rechtslage des Heftes und eine fast senkrechte Schrift (= Steilschrift) als die natürlichste. Rechtsschiefe Schrift ist bei medianer Lage des Heftes nur mit ermüdender Beugung des Handgelenks möglich, bei gerader Rechtslage des Heftes und noch mehr bei schiefer Rechtslage nur unter Verdrehung des Kopfes und des Oberkörpers oder der Augen derart, daß die Verbindungslinie der Drehpunkte beider Augen schließlich parallel zur Zeilenrichtung verläuft.

Ferner ist ein möglichst ausgedehnter Gebrauch der deutlicher wahrnehmbaren lateinischen Lettern wünschenswert.

Neuere Behauptungen über den Gehalt der Schultinte an pathogenen Bakterien beruhen auf Irrtümern. Die gebräuchlichen Tinten enthalten keine oder nur unverdächtige Keime.

C. Betrieb der Schulen.

Für die äußere Instandhaltung der Schule muß ein genügendes und sachverständiges Personal vorhanden sein.

In sehr vielen Schulen ist dieser Forderung nicht genügt. Ein einziger Schuldiener soll oft in einem großen Gebäude die Reinigung, Heizung und Ventilation besorgen, Pförtnerdienste verrichten und für Botengänge usw. zur Disposition sein. — Von Bedeutung ist ein ausreichendes Personal namentlich für die Reinigung der Schulzimmer, Korridore und Treppen. Diese ist nicht nur vom ästhetischen Standpunkte aus wünschenswert, sondern auch aus hygienischen Rücksichten, da der Staub der Schulzimmer stets infektionsverdächtig ist. Es muß daher versucht werden, diesen Staub zu entfernen und stärkere Ansammlungen davon zu vermeiden. Durch trockenes Auskehren wird nur ein sehr kleiner Teil wirklich beseitigt, der weitaus größere Rest nur aufgewirbelt; solche Art der Reinigung ist daher zu verwerfen Besser ist es, die Räume mit den S. 299 genannten Fußbodenölen zu versehen, die den Staub fixieren, so daß er zu größeren Massen geballt durch trockenes Abkehren beseitigt werden kann; oder mit abwaschbarem Fußboden, der täglich unter gelinder Anfeuchtung (mit feuchten Sägespänen) gereinigt und wöchentlich einem gründlichen Abwaschen unterzogen wird. Letzteres muß sich auch auf das Mobiliar und den unteren Teil der Seitenwände erstrecken. — Den besten Effekt hat die Vakuumabsaugung gezeigt. — Auch ist dafür zu sorgen, daß die Kinder mit gut gereinigtem Schuhzeug die Schulzimmer betreten. Abtreter und Matten können nicht groß und häufig genug sein. Die Subsellien müssen vor der Reinigung leicht entfernt oder so gekantet werden können, daß auch der Fußboden unter ihnen der Reinigung zugänglich wird.

Auch der Betrieb des Unterrichts bietet viele Angriffspunkte für die Hygiene, z. B. die zulässige Zahl von Schulstunden, das richtige Maß der häuslichen Aufgaben usw. Betont sei insbesondere die Notwendigkeit von Zwischenpausen nach jeder Schulstunde, die schon deshalb zu fordern sind, damit in den Pausen eine gründliche Durchlüftung der Schulzimmer erfolgen kann. — Als Korrektiv für das anhaltende und ruhige Sitzen, oft in schlechter Körperhaltung, sind vor allem körperliche Übungen ins Auge zu fassen (s. unten). Nur ist zu beachten, daß diese nicht etwa eine Erholung des Zentralnervensystems bewirken, sondern eher stärkere Ermüdung, und daß daher die Einschaltung von Turnstunden zwischen die Unterrichtsstunden durchaus nicht einer geistigen Erholung gleichzurechnen ist.

Für die Erkenntnis der Notwendigkeit von Reformen ist eine Prüfung der progressiven geistigen Ermüdung bzw. Übermüdung wichtig, welche die Schüler während der Schulstunden erfahren. Diese Prüfung kann geschehen: 1. durch das Ästhesiometer (Griesbach). Dasselbe ermittelt, in welchem Abstand zwei Zirkelspitzen auf bestimmten Hautstellen eben noch als getrennt empfunden werden. Bei geistiger Ermüdung wächst dieser Abstand um das Zwei- bis Vierfache und mehr. Die Methode leidet jedoch an zahlreichen Fehlerquellen. 2. Durch Mossos Ergograph (von du Bois verbessert); ein Gewicht, das an einer über eine Rolle gehenden Schnur hängt, wird in gleichmäßigem Tempo durch Krümmung des Mittelfingers, um den die Schnur gelegt ist, gehoben, bis die Hebung nicht mehr gelingt. Nach geistiger Anstrengung ist das Gehirn

nicht mehr imstande, so energisch und anhaltend Willensimpulse zu erteilen; die Zahl der Hübe verringert sich daher. Nur nach längerer Trainierung ergeben sich brauchbare Ausschläge. 3. Die Schüler erhalten am Ende jeder Schulstunde einfache Rechenexempel; es wird beobachtet, wieviel Exempel in 5 Minuten gerechnet werden und mit wieviel Fehlern. — Bei dieser Messung wird jedoch mit festen Assoziationen operiert, die noch geläufig sein können trotz erheblicher geistiger Ermüdung. 4. Prüfung der Kombinationsfähigkeit durch sog. Ergänzungsaufgaben (Ebbinghaus). Die Schüler erhalten am Ende jeder Schulstunde ein Blatt, auf welchem ein Abschnitt aus einer für das Verständnis des Kindes passenden Erzählung oder Beschreibung abgedruckt ist, jedoch so, daß ganze Worte und zahlreiche Silben nicht ausgedruckt, sondern nur durch wagerechte Striche (für jede Silbe ein Strich) angedeutet sind. Die Schüler müssen innerhalb 5 Minuten soviel als möglich von diesen Lücken und so richtig als möglich ergänzen.

Die gesunde Mehrzahl der Schulkinder läßt nach den bisherigen noch unzureichenden Beobachtungen eine wesentliche Verringerung der geistigen Leistungsfähigkeit mit der Dauer des Unterrichts nicht erkennen. Wahrscheinlich betrifft die Übermüdung nur schwächliche und nervöse Kinder, so daß durch eine mehr individualisierende Behandlung dieser eine Beseitigung der Schäden und Klagen erreicht werden könnte. Die Einrichtung von Hilfsschulen oder Hilfsklassen für minderwertige Kinder, wie sie in einzelnen Städten bereits getroffen ist, erscheint daher sehr empfehlenswert.

Im übrigen wird der verschiedenen Begabung der Schüler am meisten gerecht das in Mannheim von Sickinger durchgeführte System. Dieses enthält acht Hauptklassen für die normalen Schüler; daneben Förderklassen mit 5—7 Stufen für die unregelmäßig fortschreitenden, ferner Hilfsklassen mit 4 Stufen und 1 Vorstufe für die krankhaft schwachen Kinder. Außerdem sind aber auch für besonders befähigte Schüler Vorbereitungs- und fremdsprachliche Klassen vorgesehen, die neben den Hauptklassen hergehen und in deren obersten Stufen nach dem Lehrplan der preußischen Mittelschulen unterrichtet wird. — In Charlottenburg ist man auf W. Bechers und Lennhoffs Empfehlung mit der Einrichtung von Waldschulen vorgegangen, wo Kinder aufgenommen werden, die nicht eigentlich krank sind, aber körperlich zu schwach, um dem normalen Unterricht zu folgen. Die Kinder bleiben von früh bis Abend in der Waldschule und erhalten dort alle Mahlzeiten. Während und außerhalb des Unterrichts halten sie sich möglichst andauernd im Freien auf. Die Anregung durch die bewegte Luft scheint neben der guten Ernährung und der reichlichen Körperbewegung auf derartige Kinder ganz besonders günstig zu wirken, so daß nach 4—9 Monaten 25 % der Kinder geheilt, 60 % gebessert sind.

Um die Ausbreitung ansteckender Krankheiten in der Schule zu hindern, bestimmt das Reichsseuchengesetz vom 30. Juni 1900 und das preußische Seuchengesetz vom 28 August 1905, daß Kinder aus Behausungen, in denen eine Erkrankung an Cholera, Lepra, Fleckfieber, Pest, Pocken, Diphtherie, Scharlach, Ruhr, Typhus, Rückfallfieber vorgekommen ist, vom Schul-

besuch ferngehalten werden müssen, solange eine Weiterverbreitung der Krankheit durch die Schulkinder zu befürchten ist.

Bei Erkrankungen an Genickstarre empfehlen die „Ausführungsbestimmungen" zum Seuchengesetz die gleiche Maßregel. — Bei Erkrankungen an Trachom sind nach den Ausführungsbestimmungen die Schulkinder nur dann und solange vom Schulbesuch fernzuhalten, als sie an eitriger Absonderung leiden; solange dies nicht der Fall ist, sind sie gesondert zu setzen. — Für Masern und Keuchhusten sieht das Gesetz keine Beschränkungen vor; wohl aber sind solche fast überall von der Schulaufsichtsbehörde festgesetzt. Diese pflegt in folgender Richtung ergänzende Bestimmungen zu erlassen: 1. Kinder und Lehrer, bei welchen sich Verdachtsmomente für den bevorstehenden Ausbruch einer kontagiösen Krankheit einstellen (Kopfschmerz, Schwindel, Frösteln, Fieber, Halsschmerzen usw.), sollen den Besuch der Schule unterlassen. 2. Sofort nach Ausbruch einer ansteckenden Krankheit ist der Polizeibehörde Anzeige zu erstatten. Die erkrankten Kinder und Lehrer sind bei Scharlach 6 Wochen, bei Masern und Diphtherie 4 Wochen, bei Keuchhusten solange krampfartige Hustenanfälle bestehen, vom Schulbesuch auszuschließen. 3. sind auch diejenigen Angehörigen der Erkrankten, welche mit ihnen zusammenwohnen und leicht Infektionskeime verschleppen könnten, für dieselbe Zeitdauer auszuschließen. 4. ist zu verlangen, daß die Genesenen bzw. deren Angehörige die Schule nicht eher wieder betreten, als bis nachweislich ein vorschriftsmäßige Desinfektion der Wohnung und Kleidung stattgefunden hat; 5. bei stärkerer Ausbreitung kontagiöser Krankheiten unter den Kindern einer Klasse ist durch Verfügung der Schulaufsichtsbehörde und nach Anhörung des beamteten Arztes die Klasse bzw. die ganze Schule für einige Zeit zu schließen und demnächst zu desinfizieren. — Bezüglich der phthisischen Lehrer und Kinder s. unter „Tuberkulose".

Gegen eine Verschärfung der Maßregeln spricht die dadurch hervorgerufene bedeutende Störung des Schulbetriebes, ferner die Erwägung, daß die Schule immer nur einen Bruchteil der Infektionen, vielleicht sogar einen relativ unbedeutenden, vermittelt. Fehlt es doch nicht an Beobachtungen, die darauf hinweisen, daß gerade der Schluß einer Klasse zuweilen befördernd auf die Verbreitung einer kontagiösen Krankheit wirkt, weil die Kinder alsdann mehr Zeit und Gelegenheit haben, sich bei den Besuchen in den Wohnungen zu infizieren. Auch erfolgt bei den meisten der genannten Krankheiten die Ansteckung am leichtesten im ersten kaum merkbaren Beginn bzw. noch längere Zeit nach Ablauf der Krankheit. — Trotzdem wird zweifellos daran festzuhalten sein, daß die Schule ihrerseits so viel als irgend möglich der Verbreitung von Kontagien unter den Schülern entgegenwirken muß. Finden auch viele Kinder infolge eines gewissen Mangels an Vorsicht und Beaufsichtigung außerhalb der Schule Gelegenheit zur Infektion, so sind strenge Maßregeln doch schon um deswillen aufrechtzuerhalten, weil diejenigen Eltern, welche außerhalb der Schule ihre Kinder gewissenhaft behüten, einen entschiedenen Anspruch darauf haben, daß ihre Kinder in der Schule nicht von einer leicht vermeidbaren Infektionsgefahr bedroht werden.

In größeren Städten sucht die soziale Fürsorge noch weitergehende Aufgaben mit der Schule zu verbinden. Vor allem wird die Ernäh-

rung unterernährter Schüler dadurch unterstützt, daß — wo möglich als städtische Einrichtung — eine Schulspeisung stattfindet, entweder nur in Form eines warmen Frühstücks (¼ Liter Milch und eine Semmel) oder auch zweites Frühstück, Mittagsspeisung und Vesper für die bedürftigen Kinder aus Kindervolksküchen bzw. aus besonderen mit der Schule verbundenen Schulküchen. Für das erste und zweite Frühstück sind nach Rubner 317 Kal. oder 13 g Eiweiß, 12 g Fett, 37 g Kohlehydrate zu rechnen; für Mittag und Vesper = 816 Kal. oder 36 g Eiweiß, 28 g Fett, 104 g Kohlehydrate. — Die Speisung läßt sich besonders leicht durchführen in den Kinderhorten, die weite Verbreitung gewonnen haben. Sie sind für Kinder bestimmt, die zu Hause ohne genügende Aufsicht sind; die Kinder versammeln sich in geeigneten Räumen, wo sie unter Aufsicht der Hortleiterin ihre Schulaufgaben erledigen können oder mit Lektüre oder Spielen beschäftigt werden.

Von großer Bedeutung sind ferner für körperlich zurückgebliebene Kinder die Ferienkolonien, welche die Schulkinder für 3—4 Wochen unter Aufsicht eines Lehrers oder einer Lehrerin an die See, ins Gebirge oder in Wald führen. Unter Umständen kann die Aufnahme in ein Sanatorium erfolgen. Für die in der Stadt zurückbleibenden Kinder müssen Tagesaufenthalt im Freien, Luftbäder (s. S. 283), gemeinsame Ausflüge mit den Lehrern und Ferienspiele auf Schulhöfen usw. Ersatz bieten.

Der Schularzt.

Zur Durchführung der gesamten hygienischen Fürsorge für die schulpflichtigen Kinder ist die Anstellung von Schulärzten unerläßlich. Ursprünglich sollte diesen nur die Überwachung der hygienischen Einrichtungen der Schulgebäude und der prophylaktischen Maßnahmen bei Infektionskrankheiten zufallen. Später ist aber den Schulärzten vor allem eine Kontrolle des Gesundheitszustandes der Schüler und die Durchführung der oben aufgezählten Fürsorgemaßnahmen übertragen, die für die frühzeitige Bekämpfung von Gesundheitsschäden und Gebrechen von größter Bedeutung sind. Die Aufgaben der Schulärzte lassen sich ungefähr folgendermaßen präzisieren:

1. Die Untersuchung der neu eingeschulten Kinder auf Größe, Gewicht, Ernährungszustand, Reinlichkeit (Ungeziefer), Fehler der Sinnesorgane, des Nervensystems usw.

Über jedes Kind ist ein dieses während seiner ganzen Schulzeit begleitender „Gesundheitsschein" („Personalbogen") auszufüllen.

Auch die geistige Reife ist zu prüfen; nicht schulreife Kinder sind möglichst besonderen Schulkindergärten zu überweisen.

Ferner ist festzustellen, ob die Kinder besonderer Berücksichtigung beim Unterricht (Ausschluß von Turnen, Gesang usw.; Anweisung besonderer Plätze wegen Gesichts- oder Gehörfehlern u. a. m.) bedürfen.

2. Jährliche Nachuntersuchungen der älteren Kinder.

3. Ein- bis zweimal in jedem Halbjahr Besuch der Klassen; öftere Untersuchung und Überwachung der nicht normalen Kinder (Überwachungsschüler und Schulinvaliden).

4. Auswahl und Begutachtung der Kinder für den Besuch der Hilfsschulen, für Waldschule, Ferienkolonien, Schülerwanderungen, Schulspeisung usw.

5. Hygienische Überwachung des Schulhauses und der technischen Betriebseinrichtungen.

6. Mitwirkung bei der Berufswahl der vor der Entlassung stehenden Kinder. — Genaueres siehe in den Dienstanweisungen usw., die z. B. in Selters Handbuch und in Gottstein-Tugendreichs Sozialärztlichem Praktikum abgedruckt sind.

Die Schulärzte werden zweckmäßig unterstützt durch Schulschwestern, die u. a. die Aufgabe haben, sich mit den Eltern von Schulkindern, die ärztlicher Behandlung bedürfen, in Verbindung zu halten und eine solche in die Wege zu leiten.

Von Bedeutung sind ferner Schulzahnkliniken, in welchen den Kindern der Gemeindeschulen kostenlos oder gegen sehr geringes Entgelt zahnärztliche Behandlung gewährt wird. Gerade in der Schulzeit liegt am häufigsten der Beginn schwerer Schädigungen des Gebisses, und gerade in dieser Zeit kann für die Erhaltung gesunder Zähne am besten gesorgt werden. — Kinder mit beginnender Skoliose sind dem orthopädischen Turnunterricht, Augen- und Ohrenleidende spezialärztlicher Behandlung zuzuführen.

Die Schulärzte sind meist im Nebenamt angestellt. Vorzuziehen sind im Hauptamt angestellte Ärzte, die entweder durch Übernahme mehrerer Schulen oder durch gleichzeitige Tätigkeit im Fürsorgedienst volle Beschäftigung finden. In größeren Städten werden die Schulärzte zweckmäßig einem Stadtarzt unterstellt, der die gesamten kommunalen gesundheitlichen Einrichtungen, wie Seuchenbekämpfung, Impfgeschäft, Fürsorgedienst usw. zu überwachen hat und der zugleich Mitglied des Magistrats, der Schul- und Armendeputation sein muß. — Eine vorbildliche Regelung der Schularztfrage ist in Württemberg dadurch getroffen, daß den Amtsärzten die schulärztliche Tätigkeit überwiesen ist.

Die schulärztliche Untersuchung der Schulkinder hat noch eine besondere Bedeutung dadurch, daß sie uns bis zu einem gewissen Grade instand setzt, über die körperliche Tüchtigkeit unserer Jugend ein Urteil zu gewinnen, die Zahl und Art der Minderwertigen kennenzulernen und festzustellen, inwieweit und wo bessernde Maßnahmen einsetzen müssen. Allerdings entbehrt in Deutschland noch ein großer Teil der Schulkinder der schulärztlichen Kontrolle,

und speziell in den höheren Schulen sind Schulärzte bisher nur ausnahmsweise tätig; auch ist die Art der Untersuchung und Beurteilung nicht einheitlich und vielfach nicht einwandfrei, weil bis jetzt keinerlei Spezialkenntnisse vom Schularzt verlangt werden. Einstweilen müssen wir uns daher mit einzelnen besonderen Erhebungen begnügen, die z. B. von Kotelmann, Axel Key, Ascher u. a. angestellt sind (s. Vierordts Tabellen, Selters Handbuch und Aschers unten zitierte Schrift).

In Berlin hat z. B. Rietz folgende Zahlen bei Volksschülern ermittelt:

Alter	Körperlänge cm	Körpergewicht (mit Kleidern) kg	Brustumfang auf 100 cm Körperlänge cm	Differenz zwischen Ein- u. Ausatmung cm
8— 9	121,4	23,3	46,2	4,7
9—10	126,8	25,7	45,5	5,6
10—11	130,9	27,6	45,2	5,6
11—12	135,3	30,0	45,1	5,9
12—13	139,7	32,9	45,2	5,8
13—14	144,7	36,5	45,0	6,1
14—15	146,6	37,5	—	—

Zur Charakteristik der Konstitution der Schulkinder ist ferner noch herangezogen die Feststellung des „Umfangs", d. h. der Summe von Umfang des Ober- und Unterarms, des Ober- und Unterschenkels, sowie von Hals, Brust, Bauch (Ascher). — Oder nach Oeder wird die Dicke einer Bauchhautfalte, die in wagerechter Lage rechts vom Nabel aufgehoben wird, mittels Tasterzirkels gemessen. — Oder man bestimmt die Druckkraft der rechten Hand mit einem Dynamometer, das bequem in der Hand liegen muß und mit einem Ruck dreimal zusammengedrückt wird. — Mehrfach ist versucht, das Verhältnis zwischen Körperlänge, Umfang und Gewicht in eine Formel zu bringen und zur Beurteilung zu benutzen; z. B. durch das Zentimetergewicht, d. h. das Körpergewicht (in gr) dividiert durch die Länge (in cm). Bei 7jährigen beträgt dieses Maß etwa 180 g, bei 10jährigen 203, bei 14jährigen 260, bei 20jährigen 380. Mit Recht ist dagegen eingewendet, daß lineare und kubische Größen sich nicht direkt in Beziehung setzen lassen und daß vergleichbare Werte nur bei gleicher Körpergröße sich ergeben. — Nach Broca soll die Länge in cm — 100 gleich dem Gewicht in Kilo sein; dies trifft jedoch nur für kleinere Menschen zu. — Livi benutzt als „Index ponderalis" die Formel $\frac{100 \cdot \sqrt[3]{G}}{L}$; das Resultat ist annähernd konstant = 23,5. Rohrer empfiehlt die einfachere und jetzt (unter Berücksichtigung der Altersinterpolation) bevorzugte Formel: $J = 100 \cdot \frac{G}{L^3}$. Pignet hat die Formel aufgestellt: L — (G + Br), wo L die Länge in cm, G das Gewicht in Kilo und Br den Brustumfang in cm bedeutet; das Resultat schwankt zwischen 16 und 25 bei normalen Menschen. Nach Florschütz soll $\frac{\text{doppelter Brustumfang} - L}{L}$ durchschnittlich = 5 ergeben. Weiterer Ausbau dieser Methoden ist wünschenswert.

Literatur: Selter, Handbuch der Deutschen Schulhygiene 1914. — Burgerstein u. Netolitzky, Handb. d. Schulhygiene, Leipzig 1912. — A. Rude, Schulpraxis, 3. u. 4. Aufl., 1915. — Selter, Der Stand der Schulhygiene, Ausstellungsbericht Dresden 1911. — Nachtrag dazu von Graupner (Literatur), 1911. — Zeitschr. f. Schulgesundheitspflege, Hamburg. — Gesunde Jugend, Zeitschrift, Leipzig. — Einrichtung und Betrieb: v. Esmarch, Erläuterungen zur Subsellien-Modellsammlung, Berlin, Müller, 1910. — J. Müller, Unters. über Subsellien, Berlin. — Beiträge zur Kinderforschung, Langensalza, von 1898 ab. — Schriften d. deutschen Zentralkomitees f. Zahnpflege in den Schulen, u. „Schulzahnpflege", Zeitschrift, herausg. von dems. Komitee, Berlin. — Vierordt, Anatomische usw. Daten und Tabellen. 3. Aufl. 1906. — Ascher, Planmäßige Gesundheitsfürsorge, Berlin 1913. — Bachauer und Lampart, Z. f. Schulges. 1919.

4. Die schulentlassene Jugend.

Die schulentlassene Jugend umfaßt das Alter vom 14. (in Bayern vom 13.) bis zum 18. Lebensjahr (nach der Auffassung mancher bis zum 20. Jahr). Die Zahl dieser „Jugendlichen" beträgt in Deutschland über 4½ Millionen. Unter den männlichen Jugendlichen befinden sich 80 % erwerbstätige; unter den weiblichen 45 %.

Vom 14. bis 18. Lebensjahr ist der menschliche Körper noch in lebhafter Fortentwickelung; die Jahreszunahme des Brustumfanges bei den Knaben beträgt im Mittel 3 cm, die Körpergewichtszunahme 4,7 kg pro Jahr. Die Bedürfnisse des Organismus werden daher in dieser Periode mit besonderer Sorgfalt befriedigt, Schädigungen in entsprechender Weise ferngehalten werden müssen. — Daß dies bisher in Deutschland nicht in genügender Weise geschehen ist, geht aus mancherlei statistischen Erhebungen hervor. In den gesundheitsgefährlichen Berufen ist für die Jugendlichen eine höhere Erkrankungshäufigkeit gegenüber den etwas älteren Arbeitern nachzuweisen; ferner ist eine ungünstigere Mortalität z. B. gegenüber der englischen Jugend festgestellt; schließlich abnehmende Militärtauglichkeit der berufstätigen männlichen Jugend. Für die weiblichen Jugendlichen hat sich namentlich eine Zunahme bzw. ein Gleichbleiben der Tuberkulosesterblichkeit und eine ungünstige Beeinflussung der Geburts- und Stillfähigkeit ergeben.

Die Schädigung der Jugendlichen kommt zustande teils durch die Art der Arbeit (Staubgewerbe, giftige Materialien, exzessive Temperaturen, Überanstrengung, übermäßige Arbeitsdauer, ungünstige Arbeitsräume namentlich bei Heimarbeit, teils durch die Lebensverhältnisse, namentlich ungenügende Wohnungen und Schlafstellen, Alkoholmißbrauch. Sehr häufig sind die Jugendlichen unbedacht vorgegangen bei der Wahl des Berufs, andere sind für ihren Beruf mangelhaft vorgebildet; bei den weiblichen Jugendlichen fehlt insbesondere die

wirtschaftliche Ausbildung; auch eine geistige Fortbildung existiert nicht, und die Schulkenntnisse verschwinden erfahrungsgemäß sehr rasch.

Unter den Abhilfemaßregeln ist zunächst die Unterstützung bei der Berufswahl ins Auge zu fassen. Hierbei ist vor allem die körperliche Konstitution in Rechnung zu ziehen, und deshalb gehört eine solche Beratung, wie oben betont wurde, zu den Aufgaben des Schularztes, der allerdings, falls nicht noch andere Berater ihm zur Seite stehen, auch über die wirtschaftliche Lage und die Aussichten der wichtigsten Berufsarten möglichst orientiert sein muß, und der schon im Anfang des letzten Schuljahres mit seiner Umfrage bei den demnächst zur Entlassung kommenden Schülern und mit seinen Ratschlägen beginnen muß. — Über psychophysische Prüfung der Berufseignung s. im folg. Kap. — Weiterhin können Jugendfürsorgevereine den Nachweis geeigneter Lehr- und Arbeitsstellen übernehmen. Durch Lehrwerkstätten (Fabriklehrwerkstätten) ist die spezialistische Fortbildung zu unterstüzen; besonders auch durch die immer mehr verbreiteten Fachschulen, deren Entwickelung von den Innungen und Handelskammern zu fördern ist. Für die nicht einem bestimmten Beruf angehörigen jugendlichen Arbeiter sind statt der Fachschulen Fortbildungsschulen (möglichst mit ärztlichem Überwachungsdienst, s. unten) einzurichten, in denen die allgemein bildenden Fächer gelehrt werden, und deren Besuch durch Ortsstatut obligatorisch gemacht werden kann. Die Arbeitgeber müssen den Lehrlingen die Zeit zu diesem Schulbesuch gewähren und dürfen denselben nicht in die Erholungszeit einrechnen.

Von Bedeutung für die Volksernährung sind, worauf schon S. 191 hingewiesen worden, Koch- und Haushaltungsschulen, bzw. hauswirtschaftliche Fortbildungskurse für Frauen und Mädchen. In den letzten Jahren ist auch nach dieser Richtung eine rege Fürsorge entwickelt. In zahlreichen Städten und auch in ländlichen Gemeinden ist hauswirtschaftliche Unterweisung in den Rahmen der Volksschule als obligatorischer Unterricht aufgenommen; dieser umfaßt praktische Ausbildung im Kochen in den der Schule angegliederten und als Volksküchen benutzten Kochschulen, ferner in Behandlung der Wäsche, Flicken, Nähen, Reinmachen usw. — Wirksamer sind die in Städten für schulentlassene Mädchen begründeten Fortbildungsschulen, die sich namentlich mit den Aufgaben der Haushaltsführung und mit den Aufgaben der Frau als Mutter und Erzieherin beschäftigen, und als Einrichtungen der Kommune oder durch Vereine und Stiftungen ins Leben gerufen werden. Auf dem Lande sind seitens der Landwirtschaftskammern, der Kreise oder durch Vereine landwirtschaftliche Haushaltungsschulen oder auch Wanderhaushaltungs-

schulen geschaffen. Ferner bestehen für Schulentlassene zahlreiche Handarbeits-, Näh- und Flickschulen; und geeignete Lehrerinnen für alle derartige Fortbildungsschulen werden in Preußen in staatlichen Gewerbeschulen vorgebildet.

Eine Beaufsichtigung der jugendlichen Arbeiter sieht die Reichsgewerbeordnung insofern vor, als für gewisse Betriebe die Verwendung Jugendlicher verboten, die Zahl der Arbeitsstunden beschränkt ist (s. d. folg. Kap.).

Eine Besserung der Wohnungsverhältnisse wird namentlich durch Heime für jugendliche Arbeiter und Arbeiterinnen angestrebt, die von Industriellen im Interesse ihres Betriebes ebensowohl wie in dem der Arbeiter bereits vielfach eingerichtet sind. Auch durch Vereinstätigkeit sind zahlreiche Lehrlings- und Mädchenheime in größeren Städten begründet. — Leseräume und Bibliotheken sorgen für die geistige Fortbildung; Turnen, Spiele im Freien, Wandern und Ausflüge, Unterweisung in Gartenarbeit und allgemein nützlichen Handarbeiten, gesellige Veranstaltungen werden teils von den Arbeitgebern, teils von Jugendvereinen ins Leben gerufen und gefördert.

Kaup faßt die dringendsten hygienischen Forderungen, die zur Ertüchtigung der Jugendlichen beiderlei Geschlechts aufgestellt werden müssen, folgendermaßen zusammen:

1. Regelmäßiger ärztlicher Überwachungsdienst für alle Fortbildungs- und Fachschüler; dabei Berücksichtigung auch der allgemeinen Lebensverhältnisse (Wohnung, Ernährung) unter Zuhilfenahme von Jugendhelfern.

2. Ein Halbtag in der Woche ist zur körperlichen Ertüchtigung durch Turnen, Spiel oder Wandern freizuhalten.

3. Für mindestens 14 Tage im Jahr Aufenthalt der Jugendlichen in Landerholungsheimen oder Camps (Zeltlagern) bei leichter Garten- und Feldarbeit, abwechselnd mit Wanderungen, Spiel und Sport.

4. Schaffung einfacher Ledigen- oder Mädchenheime und besonderer alkoholfreier Speisestellen seitens der Kommunen oder privater Organisationen.

Ein Erlaß des preußischen Kultusministers vom 18. Januar 1911 betont, daß auch die staatlichen Behörden, soweit sie dazu geeignete Räumlichkeiten, Mittel und Kräfte besitzen, diese nach Möglichkeit für die Förderung der Jugendpflege dienstbar machen sollen. Es wird empfohlen, als örtliche Organe Stadt- bzw. Ortsausschüsse für Jugendpflege zu bilden, ferner Bestrebungen verschiedener solcher Vereinigungen in einem Bezirksausschuß für Jugendpflege zusammenzufassen. Als Mittel der Jugendpflege werden empfohlen: Bereitstellung von Räumen zur Einrichtung von Jugendheimen mit Schreib-, Lese-, Spiel- und anderen Erholungsgelegenheiten; Jugendbüchereien, Musik-, Lese- und Vortragsabende; Besichtigung von Museen, Denkmälern usw.; Bereitstellung von Spielplätzen, Gelegenheiten zum Baden und Schwimmen; Verbreitung gesunder Leibesübungen aller Art je nach Jahreszeit, Ort und Gelegenheit.

Literatur: Schriften der Zentralstelle für Volkswohlfahrt, Neue Folge, Berlin 1908 u. folg. Jahre. — Suck, in Weyls Handbuch der Hygiene, 4. Supplementband, Jena 1904. — Kaup, Schriften der Gesellschaft für soz. Reform, Heft 36, Jena 1911. — Derselbe, Zeitschrift der Zentralstelle für Volkswohlfahrt „Concordia“, 1910, Nr. 7—9. — Derselbe, Zeitschrift für Mediz. Beamte, 1911, Nr. 23. — Erlaß des Ministers der geistl. usw. Angel. Berlin, Cotta, 1911. — Handbuch für Jugendpflege, herausg. von der deutschen Zentrale für Jugendfürsorge, Langensalza 1913.

Leibesübungen für die Jugend.

In den vorstehenden Abschnitten ist wiederholt darauf hingewiesen, daß Leibesübungen das beste Korrektiv darstellen, durch welches die heranwachsende Jugend vor den durch das städtische Leben und den langen Aufenthalt in der Schule ausgelösten gesundheitlichen Schäden bewahrt werden kann. Auf die Art dieser Leibesübungen und deren zweckmäßige Auswahl für die verschiedenen Lebensalter ist sorgfältig zu achten.

Zunächst sei betont, daß die Leibesübungen weitaus am besten ins Freie verlegt werden, weil nur hier die rasche Beseitigung der produzierten Wärme und eine einwandfreie Deckung des stark gesteigerten Bedarfs an Atemluft erfolgt. Sind geschlossene Räume nicht zu umgehen, so sollen diese so groß und luftig wie möglich sein. Stärkerer Staubgehalt der Luft ist unbedingt zu vermeiden.

Die Leibesübungen sollen ferner nicht zu sehr in Sport ausarten, bei dem es wesentlich darauf ankommt, Höchstleistungen mit einzelnen Muskelgruppen zu erzielen. Dabei kann es häufig zu einer Schädigung einzelner Organe kommen, während eine harmonische Entwickelung des ganzen Körpers zu Kraft und Gewandtheit das Ziel der Übungen sein soll.

Man unterscheidet zwei Gruppen von Leibesübungen:

a) Einzelübungen; die Leistung wird nach der einzelnen Übung bewertet. Dahin gehören 1. schwere Kraftübungen (Schwerathletik) wie Stemmen, Heben, Werfen schwerer Gewichte und Ringen. Für die Jugend ungeeignet, weil nicht die gesamte Muskulatur, sondern nur ein kleinerer Teil geübt und zum Wachstum angeregt wird; ferner weil dabei „Pressung“, starker Exspirationsdruck, der zu Emphysem Anlaß gibt, ausgeübt wird. 2. Leichte Kraft- bzw. Geschicklichkeitsübungen: Freiübungen ohne Gewichte oder mit Stab, Holzkeulen usw.; oder Geräteübungen; oder die volkstümlichen Übungen Springen, Wurfübungen (mit Ger, Diskus, Schleuderball usw.) Ein Hauptwert dieser Übungen liegt in der Ausbildung der koordinierenden Nerventätigkeit. b) Dauer- und Schnelligkeitsübungen, die sich aus einer Folge gleicher Bewegungen zusammensetzen. Bei den Dauerübungen (Gehen, Bergsteigen) ist die Quantität der gesamten geleisteten Arbeit meist bedeutend und die Übung wirkt auf

Atmung, Kreislauf und Stoffwechsel stark ein; bei den Schnelligkeitsübungen (Laufen, Radfahren usw.) werden Herz und Lunge stark beansprucht, und das Ende der Übung wird durch Herzermüdung und Atemnot, nicht durch Muskelermüdung herbeigeführt. Die Zunahme der Lungen- und Herzarbeit führt aber auch zu kräftiger Wachstumsanregung und Steigerung der Leistungsfähigkeit. Der Atemumfang wächst bei Laufen, Schwimmen, Rudern auf das 7fache, zuweilen bis auf das 12fache des Ruhewertes. Der Puls steigt von 65 nach einem Lauf von 25" über 200 m Strecke auf 180. Diese Anstrengung des Herzens wird von der Jugend relativ gut ertragen, weil das Herz klein und die Arterien weit sind; kurze Zeit nach der Anstrengung tritt wieder Beruhigung ein. Bei Dauerübungen kann die Gesamt-Muskelleistung so groß werden, daß Gewichtsverlust eintritt. — Daneben kommen noch Schlagfertigkeitsübungen (Spiele, Fechten, Ringen) in Betracht, bei denen es vor allem darauf ankommt, plötzlichen Bewegungsanforderungen gerecht zu werden.

Für 6—8jährige Kinder, bei denen oft schon schlechte Körperhaltung, seitliche Rückgratsverbiegung, Blutarmut usw. durch den Sitzzwang ausgelöst wird, eignen sich namentlich Gehübungen, Freispringen, Hüpfen, Laufen; ferner Neck- und Laufspiele (Haschen usw.).

Vom 8.—11. Jahre tritt das Geräteturnen hinzu; ferner Partei- und Kampfspiele, Ballspiele. Außerordentlich günstig wirken größere Wanderfahrten; sie führen bei maßvoller Leitung fast durchweg zu einer Zunahme des Gewichts und einer Besserung der Blutbeschaffenheit. Auch das Schwimmen, bei dem der Brustkorb in ausgesprochener Einatmungsstellung sich befindet und das Atemvolum stark vergrößert wird, ist als gute Übung zu bezeichnen; im Winter das Schlittschuhlaufen (aber im Freien!).

Vom 11. Jahre ab kommen in Betracht ernstere Kampf- und Parteispiele (Barlaufen, Stoßball, Schleuderball usw.; Fußball nicht vor dem 15. Jahre!); die Wanderungen sind auszudehnen, was durch die Vereinigungen des „Wandervogels" und der „Pfadfinder" in der Neuzeit ungemein gefördert wird. Ferner wirkt langsames Dauerrudern namentlich auf die Atemtätigkeit günstig, während Wettrudern leicht zu bedenklicher Atemnot führt. — Radfahren bewirkt besonders gesteigerte Herzarbeit; die Pulsbeschleunigung kehrt nach längeren Fahrten sehr langsam zurück, und dauernde Schädigungen des Herzmuskels werden nicht selten akquiriert. Diese Übung ist für die Jugend daher am wenigsten geeignet.

Für erwachsene Jugendliche ist der Anschluß an einen der zahlreichen in Deutschland bestehenden, die Pflege der Leibesübungen anstrebenden Vereine dringend wünschenswert.

Zu erwägen ist, ob in Zukunft nicht an Stelle eines Teils der Leibesübungen eine körperliche Tätigkeit im Freien treten könnte, bei der gleichzeitig eine gewisse nutzbringende Arbeit geleistet wird. Dies ließe sich z. B. einrichten in landwirtschaftlichen Betrieben, die periodisch eine bedeutende Verstärkung der Arbeitskräfte bedürfen, ferner bei der Kultur von Ödländereien und Mooren, bei Forstarbeiten, bei größeren Erdbewegungen für Kanalbauten usw., — sämtlich Arbeiten, die mit Aufenthalt im Freien und mit günstiger Beeinflussung des Körpers verbunden sind, und bei denen ein Wettbewerb von Berufsarbeitern nicht in Betracht kommt. Entweder könnten in jeder Woche 1 bis 2 Tage während einer

längeren Periode, oder es könnten dauernd ein paar Monate im Jahr auf derartige Arbeiten verwendet werden und die Leibesübungen ersetzen. Wenn die Jugendlichen auf diese Art Arbeiten vorher systematisch eingeübt werden, wird ihre Hilfe sehr willkommen sein und einen wirtschaftlichen Nutzen bringen, der unter den jetzigen Verhältnissen wohl zu beachten ist.

Literatur: F. A. Schmidt, in Selters Handb. d. Schulhygiene und in Kruse und Selter, Gesundheitspflege des Kindes, 1914. — Derselbe, Die schwedische Schulgymnastik, 3. Aufl. 1912. — Schäfer, Geländespiele, 3. Aufl. 1912. — Mollwitz, Jugendpflege durch Leibesübungen, Berlin 1919.

B. Fürsorge für Kranke.

Die Fürsorge für Kranke ist entweder eine geschlossene, mit Aufnahme des Kranken in eine Krankenanstalt oder eine offene, mit Belassung des Kranken in seiner Familie oder eine halboffene mit stundenweiser Behandlung in einer Anstalt.

Die Zahl der in Anstalten behandelten Kranken ist in Deutschland seit dem Inkrafttreten der Kranken- und Unfallversicherung außerordentlich gestiegen. 1911 zählte man in Preußen fast 11 000 Krankenkassen mit etwa 8 Millionen Mitgliedern, und diese lieferten etwa 3 Millionen Erkrankungen mit 65 Millionen Krankheitstagen. Für die Aufnahme dieser Kranken stehen 2352 allgemeine Krankenanstalten mit 166 300 Betten zur Verfügung; auf je 10 000 Einwohner entfallen 41 Betten und 350 Verpflegte. Außerdem bestehen noch etwa 800 Krankenanstalten für besondere Zwecke, Lungenheilstätten, Irrenanstalten, Trinkerheilsätten usw.

Es ergibt sich aus diesen Ziffern ohne weiteres die große Bedeutung bestimmter hygienischer Grundsätze für Bau, Einrichtung und Betrieb der Krankenhäuser, die neuerdings in dem preußischen Ministerialerlaß vom 30. März 1920 Vorschriften über Anlage, Bau und Einrichtung von Krankenanstalten usw. Ausdruck gefunden haben.

Bei der Wahl des Platzes ist zu berücksichtigen, daß innerhalb größerer Städte der Straßenlärm, die rußige, durch riechende Gase oft verunreinigte Luft und die hohe Temperatur im Sommer das Befinden der Kranken beeinträchtigen. Hier ist daher die Verlegung der größeren Krankenhäuser an die Peripherie wünschenswert; der daraus resultierende weitere Transport für einen Teil der Kranken darf nach allen Erfahrungen bei guten Kommunikationsmitteln und guten Vorkehrungen für den Krankentransport in Kauf genommen werden. — Vom ökonomischen Standpunkte sind große Betriebe vorzuziehen. Daneben haben aber kleinere Anlagen, die speziellen Zwecken dienen, und über besonders geeignete Terrains im Innern der Stadt verfügen, volle Berechtigung.

Für Neuanlagen ist reichliches Gartenterrain um die Bauten ins Auge zu fassen; pro Bett ist mindetens 75 qm Baugrund und 10 qm Garten zu rechnen Bei der Bebauung des Terrains müssen folgende Gebäude bzw. Räume vorgesehen werden: 1. die Verwaltungsbureaus (hier meist auch die Aufnahme der Kranken), möglichst im Zentrum der Straßenfront; die Wohnungen der Verwaltungsbeamten hier oder besser in besonderen Häusern an der Peripherie. 2. Räume für den Wirtschaftsbetrieb, Küche, Waschküche, Eiskeller. Diese sind ebenfalls peripher anzulegen, so daß leichte Verbindung nach außen besteht. 3. Gleichfalls an die Peripherie gehört das Leichenhaus und das pathologische Institut; ferner die Pförtnerwohnung. 4. Räumlich von den anderen Bauten möglichst abzutrennen sind die Räume für ansteckende Kranke und die Desinfektionsanstalt. 5. Die eigentlichen Krankensäle und Krankenzimmer, sowie Wohnungen für Ärzte und Wartepersonal.

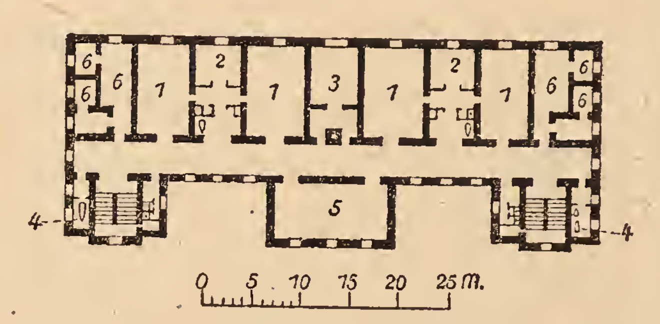
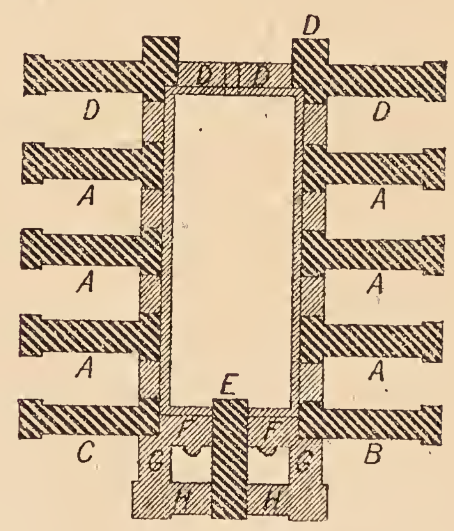
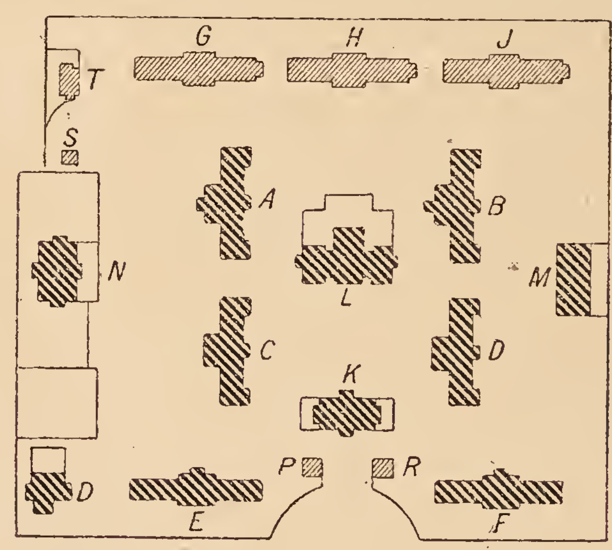


Fig. 124. Krankenhaus. Korridorsystem. *1* Krankenzimmer *2* Wärterzimmer, davor Teeküchen. *3* Operationszimmer. *4* Badezimmer. *5* Kapelle. *6* Einzelzimmer.

Bezüglich der Grundform des Gebäudes unterscheidet man: 1. das Korridorsystem (Fig. 124) Bei diesem liegen die Krankenzimmer unmittelbar nebeneinander und an einem gemeinsamen Korridor, und das Gebäude hat mehrere Stockwerke. Dasselbe wird entweder in Linienform gebaut oder in H-Form oder in Hufeisenform, zuweilen auch wohl


Fig 125. Hospital Lariboisière. *A* Krankenpavillon (3 stöckig). *B* Wärterinnen. *C* Wäsche. *D* Verwaltung. *E* Kapelle. *F* Bäder. *G* Operationszimmer. *H* Depots.


Fig. 126. Berliner Garnisonlazarett. *A—F* 2stöckige krankenpavillons. *G—J* 1stöckige Isolierpavillons. *K* Verwaltung *L* Ökonomie *M* Magazin. *N* Beamte. *O* Ärzte. *P* Wache. *R* Remise. *S* Eishaus. *T* Leichenhaus.

als geschlossenes Viereck oder in Kreuzform. 2. Das Pavillonsystem; ist namentlich in Aufnahme gekommen seit dem Bau des Hospitals Lariboisière in Paris im Jahre 1858. Das Krankenhaus wird

bei diesem System in mehrere Gebäude zerlegt, und zwar sind diese entweder Baracken, d. h. Pavillons von nur einem Stockwerk, die einen oder zwei Krankensäle enthalten, außerdem Bad, Abort, Teeküche und Wärterraum oder Pavillons mit zwei Stockwerken, im

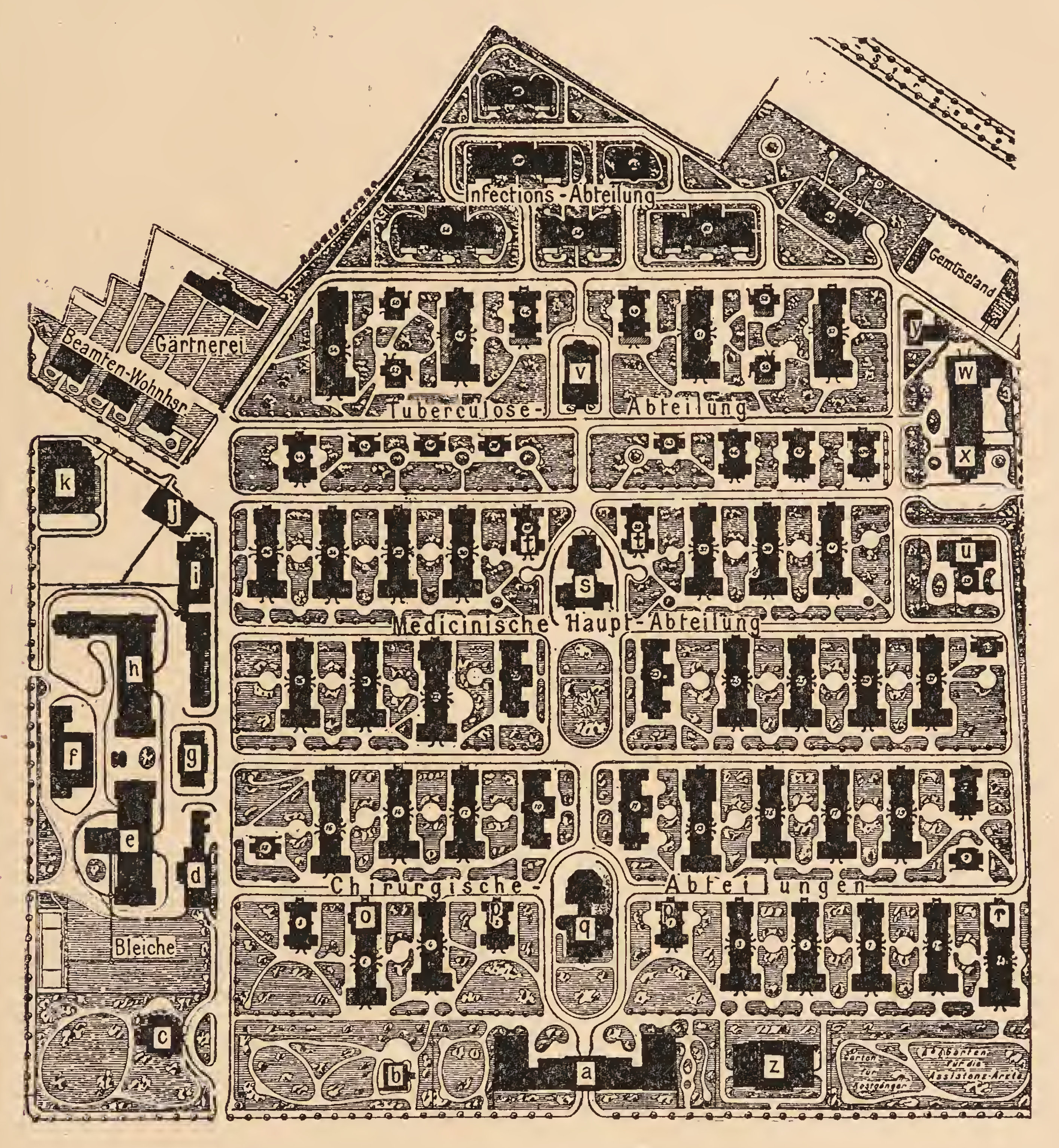


Fig. 127. Eppendorfer Krankenanstalten in Hamburg.
a Verwaltungsgebäude. *q* Operationshaus. *s* Badehaus. *v* klinischer Hörsaal und Röntgeninstitut. *z* Heilgymnastischer Pavillon. *c* Direktorwohnhaus. *e, h, g* Wirtschaftsgebäude. *k* Kesselhaus *i* Schwesternhaus. *w* Pathologisches Institut. *u* Delirantenhaus.

übrigen eingeteilt wie die Baracken oder sogenannte Blocks, Gebäude mit mehreren Stockwerken, in deren jedem mehrere durch Korridore verbundene Krankenzimmer liegen. — Den Pavillons gibt man mindestens einen derartigen Abstand voneinander, daß derselbe der doppelten Höhe der Gebäude gleich ist. Entweder liegen die einzelnen Pavillons ganz frei (Fig. 126) oder es führen lange, gedeckte Gänge

an ihrer Giebelseite entlang und sind mit den einzelnen Pavillons durch kurze Seitenkorridore verbunden (Fig. 125).

Das Pavillonsystem verdankt seine Bevorzugung vor allem der Anschauung, daß dieses System die Ansteckungsgefahr völlig aufhebe. Hierzu soll es namentlich befähigt sein, wenn gar keine Korridore die Baracken verbinden und dadurch die Infektion durch die Korridorluft ausgeschlossen ist. Die genauere Erkenntnis der

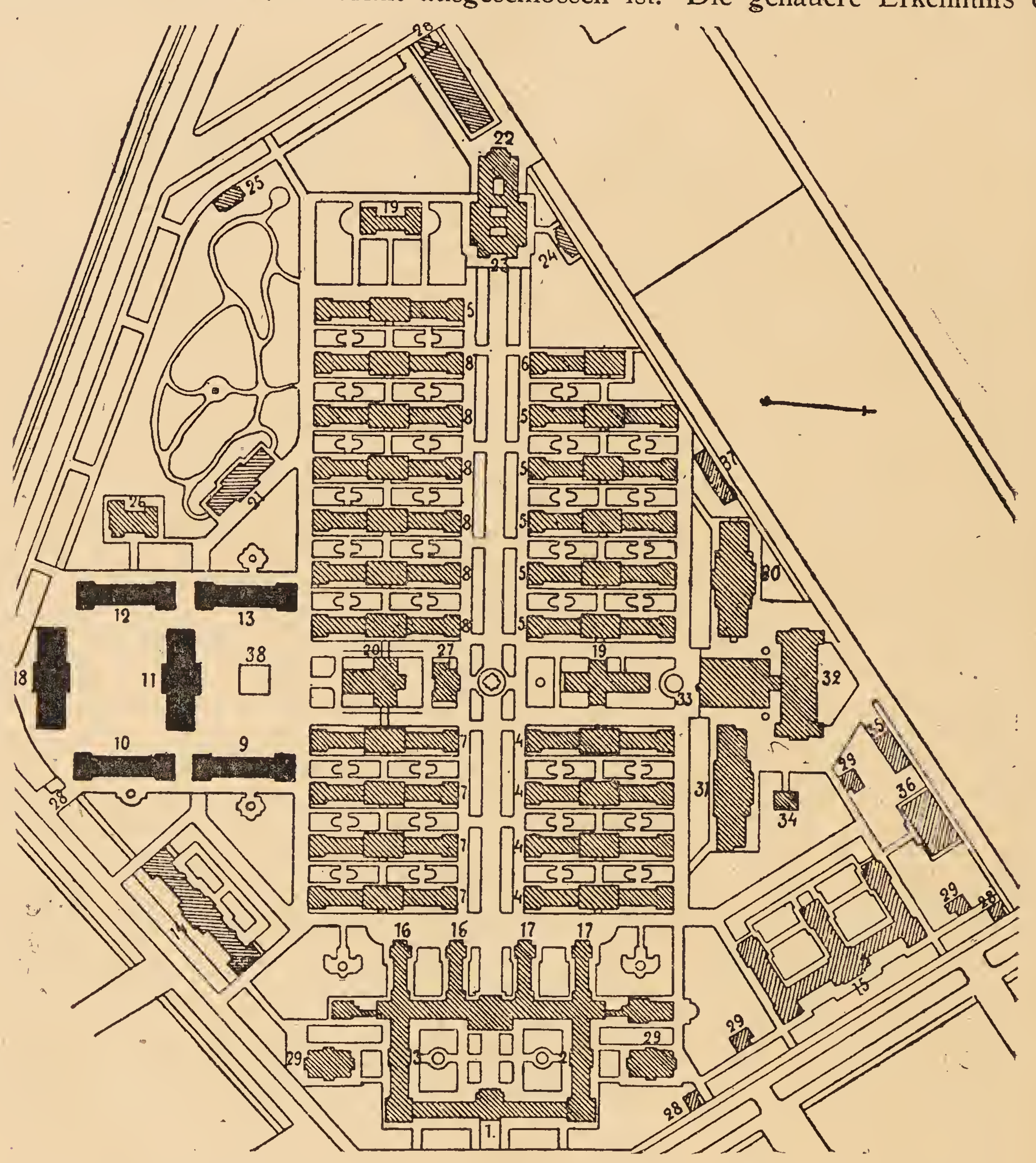


Fig. 128. Rudolf Virchow-Krankenhaus in Berlin.

1 Verwaltungsgebäude
4—7 allgemeine Kranken-pavillons
9–13 Infektionsabteilung
19 Badehaus
27 Apotheke
20 Operationshaus
38 Röntgenhaus
22 Pathologisches Institut
30—34 Wirtschaftsabteilung

Infektionsvorgänge führt jedoch zu der Überzeugung, daß es nicht so sehr auf eine räumliche Trennung der Krankenräume für den Schutz gegen Übertragung der Infektionserreger ankommt, als vielmehr auf eine Beseitigung der Gefahr des Verkehrs mit Leichtkranken, Ärzten und Wärtern (Bazillenträger!) und auf eine Hinderung der Verschleppung durch Gebrauchsgegenstände. Die

praktische Erfahrung hat gezeigt, daß bei zweckentsprechender Prophylaxis ein Korridorhospital oft bessere Erfolge aufweist, wie ein schlecht geleitetes Barackenlazarett. Mehrfach ist es vorgekommen, daß in einem Hospital fortwährend Infektionen stattfanden und daß dasselbe deshalb für völlig unbrauchbar erklärt wurde. Man glaubte dann, der Grund hierfür liege nur darin, daß das Hospital auf schlechtem Boden stehe oder unrichtig gebaut sei; sobald aber ein Wechsel des dirigierenden Arztes eintrat, geeignete prophylaktische Maßregeln eingeführt und das Wartepersonal richtig geschult wurde, zeigte d a s s e l b e Hospital die günstigsten Resultate. — Zweifellos wird aber eine E r l e i c h t e r u n g des Schutzes gegen Übertragungen durch eine räumliche und auch auf das Personal und die Gebrauchsgegenstände sich erstreckende Trennung der Kranken, wie sie das Pavillonsystem bewirkt, gewährt, und zwar durch völlig offene Bauweise noch besser, als bei verbindenden und manchen Verkehr verdeckenden Korridoren. Außerdem ist es bei der Pavillonbauweise leichter möglich, jedem einzelnen Kranken zweckmäßiges L i c h t und ausgiebig Luft zuzuführen. — N a c h t e i l e des Pavillonsystems liegen in den höheren Betriebskosten, in der größeren Schwierigkeit der Beaufsichtigung, der Heizung, der Desinfektion, namentlich aber des Speisetransports, der bewirkt, daß die Speisen an Schmackhaftigkeit Einbuße erleiden. Auch können die Krankenräume in Baracken leichter als in einem größeren Bau etwas Unbehagliches, Kaltes haben.



Fig. 129. Charité-Krankenhaus in Berlin.

Jedenfalls erscheint es n i c h t gerechtfertigt, u n t e r a l l e n U m s t ä n d e n das Pavillonsystem durchzuführen. Bei großen Anlagen wird man mit Recht daran festhalten; das ist bei den neuesten und anerkannt besten Krankenhäusern geschehen, wie beim Hamburg-Eppendorfer (Fig. 127) und beim R u d o l f V i r c h o w - Krankenhaus (Fig 128). — Bei anderen großen Anlagen behält man eine Auflösung in zahlreiche Einzelbauten bei, konstruiert diese selbst aber größer und mit mehreren Geschossen (so beim neuen Krankenhaus in München mit lauter dreigeschossigen Gebäuden; ferner beim Umbau der Charité in Berlin, Fig. 129). — Dagegen läßt sich für kleinere Krankenhäuser, insbesondere

wenn mannigfaltige Krankheiten in Betracht kommen, recht wohl ein Korridorsystem oder eine Kombination von Pavillon- und Korridorsystem in der Weise durchführen, daß die Enden der Flügel nach Art der Pavillons ausgebaut oder besondere freistehende Isolierbaracken errichtet werden (Fig. 133, Offenbacher Krankenhaus). Die Korridore müssen möglichst breit und hell sein.

Die Raumverteilung und Raumbemessung fällt bei Korridorbauten je nach der Größe und speziellen Bestimmung des Gebäudes sehr verschieden aus. — Einigermaßen uniform ist die Einrichtung der Baracken. Außer dem eigentlichen Krankensaal und einigen kleineren Krankenzimmern enthalten sie einen Raum für den Wärter, ferner eine Tee-

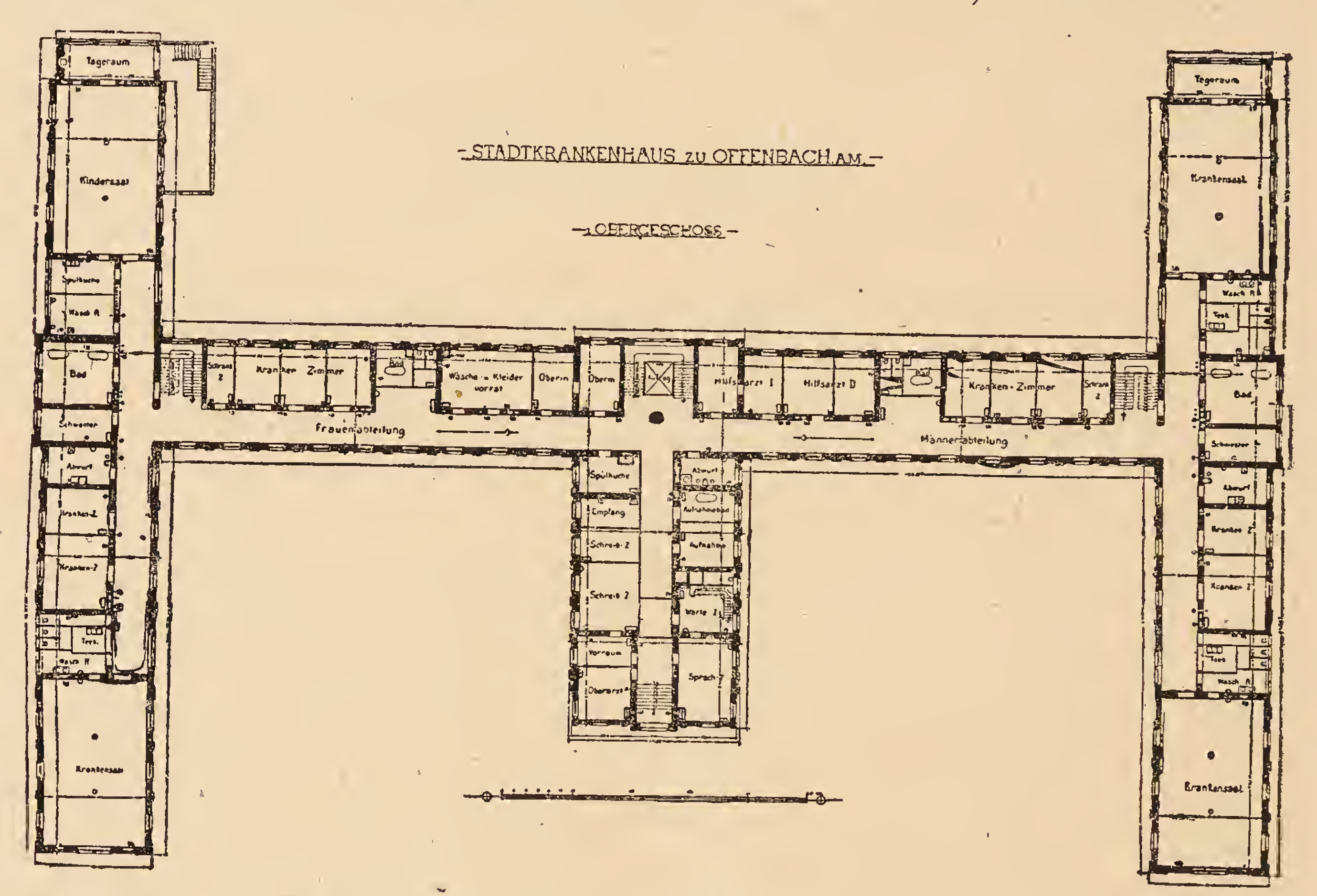


Fig. 130. Städtisches Krankenhaus in Offenbach a. M.
Korridoranlage mit endständigen, dreiseitig belichteten Sälen. – Korridor fast durchgängig einseitig bebaut. — Klosettvorräume und Klosetts nicht genügend lüftbar — Teeküche ohne Licht, klein. — Kleiner Tageraum. — 3 Treppenanlagen, 1 Aufzug.

küche, die evtl. als Spülzimmer und Aufwaschraum dient und in der sich ein Wärmeschrank, Gaskocher usw. befindet; endlich ein Klosett und neben diesem womöglich einen Vorraum, in dem alle Stechbecken usw. aufbewahrt und desinfiziert werden können. — Außerdem hat sich die Anlage eines sogenannten Tageraums an jedem größeren Krankensaal resp. in jedem Pavillon als nötig herausgestellt, der für den Aufenthalt der leichter Erkrankten und der Rekonvaleszenten während des Tages dient. Dieser ist entweder nur am Kopf oder auch an der Seite der Baracke ausgebildet und kann z. B. mit einer Glaswand, welche Schiebe- und Klappfenster trägt, gegen außen abgeschlossen werden. Auch das Mittel-

stück der Baracke wird neuerdings gern stärker ausgebildet zwecks Aufnahme von Wirtschafts-, Spülzimmer usw. (siehe Fig. 133) oder auch für kleinere Tageräume (Virchow-Krankenhaus). In diesem Fall muß aber für gute Lichtzufuhr zum Korridor des Mittelstücks gesorgt werden.

Die Himmelsrichtung der Fenster des Krankensaals geht am besten nach Süden oder bei völlig freiem Horizont nach Norden bzw. nach Südost—Nordwest. Bei Pavillons, welche Fenster an beiden Längsseiten haben, ist diese Anordnung allein zulässig, da bei einer reinen Ost-West-Lage die bettlägerigen Kranken durch die den ganzen Tag über tief ins Zimmer eindringende Sonne außerordentlich belästigt werden.

Bezüglich der Größe der Krankensäle ist man neuerdings mit Recht stark zurückgegangen. In Baracken und Korridorbauten hatte man früher 30 und mehr Betten. Es ist unhygienisch und inhuman, so viele Kranke in verschiedenen Leidensstadien zusammenzulegen. Die neuen Hamburger Säle haben höchstens 16, die Münchener 12 Betten. Auch Boxen und Bettschirme sollten mehr als bisher zur Verwendung kommen.

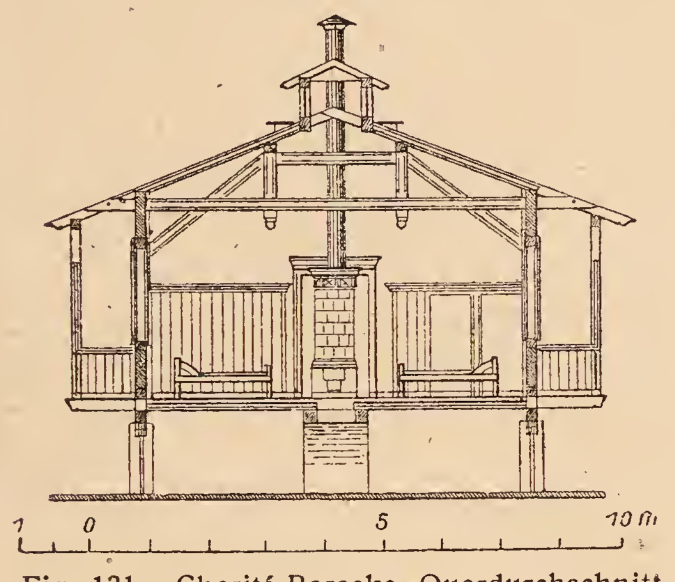


Fig. 131. Charité-Baracke, Querdurchschnitt.

Die inneren Flächen der Wände, Decken und Fußböden sollen glatt, luft- und wasserdicht sein. Poröses und rauhes Material bietet leicht eine Ablagerungsstätte für Staub und Kontagien und ist verhältnismäßig schwer vollständig zu reinigen und zu Für den Fußboden ist entweder hartes, mit Leinöl getränktes Holz, besser aber Asphalt oder Mettlacher Fliesen bzw. Terrazzo (mittelgroße Marmorstücke mit Zementmörtel verbunden) zu verwenden; auf dichten desinfizieren. Bewährt ist Gipsverputz mit Wasserglaszusatz oder ein Ölfarbenanstrich (Zonka-, Peffarben, die auch desinfizierend wirken). — Wandanschluß des Fußbodens ist zu achten. Wegen der besseren Wärmeleitung der letztgenannten Steinmaterialien ist ihre Verwendung an die gleichzeitige Einführung von Fußbodenheizung gebunden oder die Fußböden müssen mit Filzlinoleum bedeckt werden. Die Reinigung des Zimmers läßt sich noch dadurch erleichtern, daß längs der Wände ausgerundete Scheuerleisten hinlaufen, die mit genügendem Gefälle zu den Kanälen hinführen.

Heizung. Luftheizung ist für die Zwecke der Ventilation bei dauernd dicht belegten Krankensälen meist nicht zu umgehen; sie muß gut angelegt und sorgfältig betrieben werden (s. oben); sie muß unterstützt werden durch Dampfheizung oder Öfen. Fehlt die Luftheizung,

so ist die Warmwasserheizung oder Niederdruckdampfheizung mit Luftzufuhr zu verbinden; oder es werden Mantelöfen verwendet, die für Ventilation und Zirkulation einstellbar sind.

Gerühmt wird — jedoch nur für die Baracken solcher Krankenhäuser, welche nicht auf billige Einrichtungen angewiesen sind — als Zusatzheizung eine Fuß-

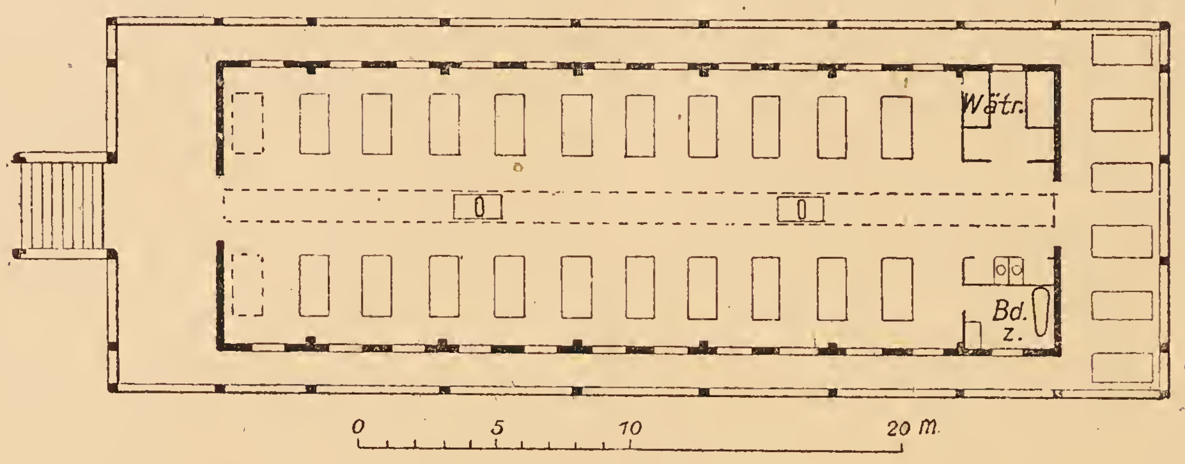


Fig. 132. Charité-Baracke, Grundriß.

bodenheizung. Dieselbe setzt feuersichere dichte Steinfußböden voraus, welche die schon erwähnten Vorzüge haben, daß sie sich sehr leicht reinigen und desinfizieren lassen und deren einziger Nachteil, der einer zu energischen Wärmeleitung, eben durch die Beheizung in Fortfall kommt. Die Anordnung einer Fußbodenheizung ist so, daß unter dem Fußboden sich 75 cm hohe bekriechbare Gänge hinziehen, deren Boden und Decken mit Zement gedichtet sind und deren

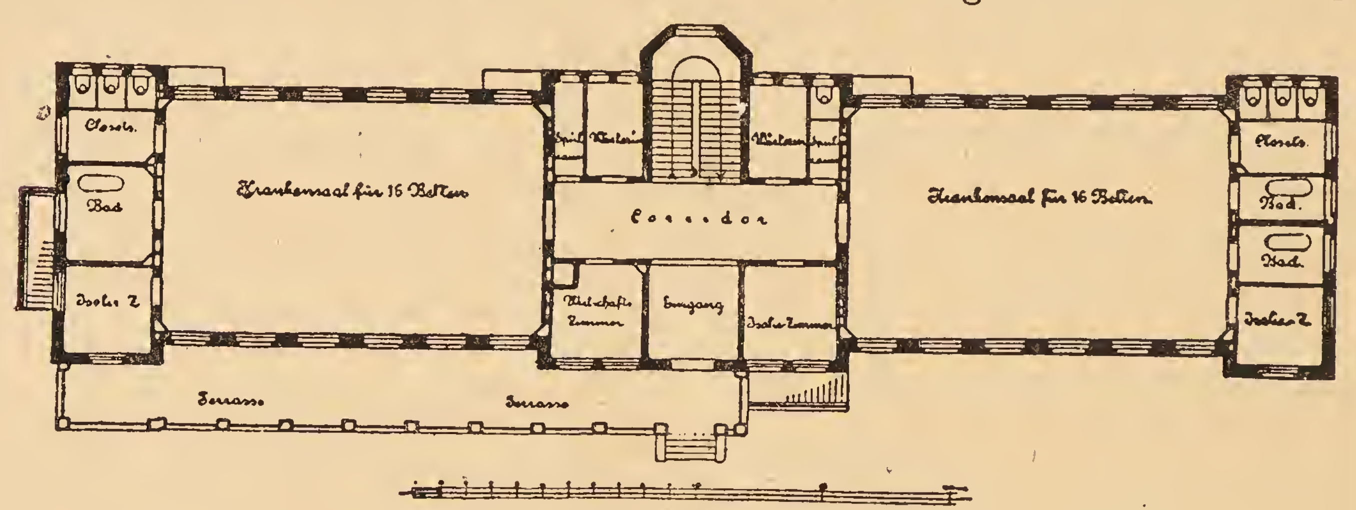


Fig. 133. Hamburger Pavillon nach Lenhartz-Ruppel in Hamburg.

Decke außerdem durch eine Eisenkonstruktion gestützt ist. In den Kanälen liegen frei auf Eisenschienen die Heizrohre, die entweder von einer Heißwasser- oder von einer Dampfheizung aus geheizt werden.

Eine fortlaufende Ventilation der Krankenhäuser ist wegen des Zusammendrängens zahlreicher Menschen über Tag und über Nacht unbedingt erforderlich. Im Winter stößt eine genügende Lüftung auf keine Schwierigkeiten, da man in der kontinuierlichen Heizung einen hinreichend ausgiebigen Motor besitzt; im Sommer dagegen und in der Übergangsperiode pflegt man nur die Wirkung des Windes auf Dachreiter oder Schornsteine mit Saugaufsätzen auszunutzen; Kippfenster mit seitlichem Schutzblech sollen als Eintrittsöffnungen für die Luft dienen.

Bei windstillem Wetter leistet diese Ventilation zu wenig; weit geöffnete Fenster müssen dann als Reserve dienen. Einrichtungen mit reichlichster Lüftung durch bis zum Fußboden reichende große fast ständig offene Schiebefenster, vor deren jedem in nur 60 cm Entfernung das Fußende des Bettes steht, sind von Dosquet und von Moritz mit gutem Erfolg (der vorzugsweise auf die thermischen Verhältnisse und die bewegte kühle Luft zurückzuführen ist) sowohl bei Wundheilungen wie bei innneren Krankheiten angewendet. — Zu beachten ist, daß alle Räume mit starker Geruchsentwickelung (Räume für Karzinomkranke, poliklinische Wartezimmer, Aborte usw.) unbedingt nicht durch Pulsion, sondern durch Aspiration gelüftet werden, damit nicht die Gerüche ins ganze Haus verbreitet werden. Auch offenstehende Abortfenster pflegen wesentlich Einströmung von Außenluft und Fortführung der Abortluft in die anstoßenden Räume zu bewirken (vgl. S. 456). — Daß die Ventilation nicht etwa imstande ist, desinfizierend zu wirken, und daher für Räume, in denen ansteckende Kranke untergebracht sind, keineswegs besonders verstärkt zu werden braucht, ist im Kap. „Lüftung" ausführlicher dargelegt

Das Mobiliar der Krankenzimmer soll so beschaffen sein, daß es leicht zu reinigen und zu desinfizieren ist. Gebeizte oder gestrichene Holzmöbel gestatten dies in genügender Weise.

Noch weiter gehende und nicht absolut notwendige Vorsichtsmaßregeln sind bei der Beschaffung des Mobiliars für das Hamburg-Eppendorfer Krankenhaus angewendet worden. — Die Betten sind dort aus eisernem Gestell, und zwar aus dickem, gebogenem Gasrohr, welches mit heller Ölfarbe gestrichen ist. In dieses Gestell werden als Rahmen vier einzeln herausnehmbare, geölte und lackierte Tannenholzbretter eingelegt, die in der Mitte nur 12 cm hoch sind; ferner wird eine Sprungfedermatratze verwendet von nur 1—2 cm Höhe, die ein Netz aus horizontal gelagerten Spiralfedern darstellt. Durch diese Konstruktion ist der tiefe Bettkasten, der sonst schwer zu reinigen ist, vermieden. Außerdem ist ein großer Abstand unter dem Bett bis zum Fußboden erzielt, so daß auch dort die Reinigung sehr leicht vorgenommen werden kann. Auf dem Sprungfederrahmen liegt eine Wollmatratze; als Bedeckung werden nur weiße wollene Decken gewährt. Die gesamten Betten lassen sich leicht im Dampfofen desinfizieren. Die Wollmatratzen bedürfen einer häufigeren Aufarbeitung, für welche aber in einem Krankenhaus reichliches Personal zur Verfügung zu sein pflegt. — Zu jedem Bett gehört noch ein Tisch und ein Stuhl; bei ersterem sind die Beine aus Gasrohr, die Platte aus Rohglas. Die Stühle haben ebenfalls ein Gestell aus Gasrohr und einen geschweiften Holzsitz und Lehne, die mit Ölfarbenanstrich versehen sind. Nirgends finden sich enge Fugen, so daß jede Stelle der Möbel auf das leichteste abgewaschen werden kann.

Im Betrieb des Krankenhauses ist auf penibelste Reinlichkeit zu achten; Staubbildung ist zu vermeiden; Fußböden und Möbel sind stets

feucht, niemals trocken zu reinigen. Alle Infektionsquellen, wie Eiter, Fäzes u. dgl., sind sofort zu zerstören; beschmutzte Leib- oder Bettwäsche von Infektionskranken ist in gesonderten Behältern unter Befeuchtung mit Karbolwasser oder Sublimatlösung aufzubewahren (vgl. Kap. X). — In jedem Krankenhaus muß sich ein Desinfektionsraum und ein geschulter Desinfektor befinden. Letzterem ist ausschließlich die Abholung infizierter Wäsche, die Desinfektion der Krankensäle, der Wolldecken usw. nach den unten gegebenen Vorschriften zu übertragen.

Isolierspitäler. Jedes größere Krankenhaus muß über eine oder einige Baracken verfügen zur Aufnahme von Kranken, die besondere Infektionsgefahr bieten (Pocken-, Flecktyphus, Cholerakranke usw.). Derartige Baracken müssen von den übrigen Gebäuden des Krankenhauses mindestens 30 m Abstand haben. Im übrigen sind die oben betonten, zur Sicherung gegen Infektionsgefahr dienenden Einrichtungen (abwaschbare Fußböden, Wände, Möbel usw.) bei den Isolierspitälern mit besonderer Sorgfalt in Anwendung zu bringen. — Das Wartepersonal ist unbedingt mit den Kranken zu isolieren; dementsprechend ist Wärterzimmer, Teeküche usw. in der Isolierbaracke vorzusehen.

Diese Baracken sollten einen Vorraum haben, in welchem die Speisen und sonstigen Bedarfsgegenstände für den Kranken abgesetzt werden, und von wo gebrauchte Gegenstände in Behältern mit desinfizierten Lösungen, oder in mit Sublimatlösung befeuchtete Tücher eingehüllt, abgeholt werden können. Der Wärter betritt den Vorraum zum Holen oder Bringen von Sachen erst, nachdem er sich durch Abwaschen mit Sublimatlösung soviel als möglich desinfiziert hat. Im Vorraum wird auch ein abwaschbarer Kittel für den Arzt aufbewahrt, den derselbe vor dem Betreten des Krankenzimmers anlegt; vor dem Verlassen des letzteren wird der Kittel mit Sublimat abgewaschen und demnächst im Vorraum wieder abgelegt.

Zur Improvisierung eines Isolierspitals, bzw. zur Ergänzung einer zeitweise ungenügenden Anlage sind die zusammenlegbaren und transportablen Baracken sehr geeignet. Dieselben bestehen entweder aus einem leichten Holzgerüst, welches von außen und innen mit gefirnistem und feuersicher imprägniertem Leinen überzogen ist; der Zwischenraum zwischen äußerem und innerem Überzug ist mit Filz, Korkmasse, Kieselgur u. dgl. ausgelegt (Dökers Baracke); oder die Wände stellen Rahmen dar, die innen mit Leinwand, außen mit Dachpappe überspannt sind und dazwischen eine Luftschicht enthalten; die Rahmen werden in ein eisernes Gerüst eingesetzt (zur Nieden); oder die Wandungen sind außen von Wellblech hergestellt (Grove). Solche Baracken lassen sich in wenigen Kisten verpacken und sind binnen 6—12 Stunden gebrauchsfertig aufzustellen. — Die Temperaturverhältnisse in den Baracken sind nicht günstig, auch wenn durch Anbringung eines doppelten, durch Luftschicht getrennten Daches ein Schutz gegen zu intensive Insolation versucht ist.

Literatur: Ruppel u. Diesener, Krankenhäuser, in Weyls Handb. der Hygiene, 2. Aufl. 1913. — Grober, Das deutsche Krankenhaus, Jena 1911. — Lenhartz u. Ruppel, Ref. a. d. Deutsch. Ver. f. öff. Ges. in Bremen, 1907 (Deutsch. Viertelj. f. öff. Ges., Bd. 40, Heft 1). — Deneke, Die Neubauten des Allg. Krankenhauses St. Georg, Jena 1906. — Vorschriften für Anlage, Bau und Einrichtung von Krankenanstalten, Erlaß des preuß. Ministers d. Innern usw. vom 30. März 1920. — Dosquet, Offene Wundbehandlung, Leipzig 1916. — Moritz, Festschrift der Akademie in Köln, Bonn 1915.

C. Fürsorge für bestimmte Gruppen von Kranken.

Besondere Anstalten oder besondere Fürsorgeeinrichtungen bestehen für zahlreiche Kategorien von Kranken, z. B. für Armenkranke, Tuberkulöse, Taubstumme, Blinde, Krüppel, Alkoholkranke, Geschlechtskranke u. a. m. Hier seien nur die letztgenannten Gruppen besprochen, an deren Versorgung die soziale Hygiene am meisten interessiert ist; die gleichfalls unter die wichtigsten Maßnahmen sich einreihende Tuberkulosefürsorge wird im Kap. X eingehender behandelt. Bezüglich der sonstigen neueren Fürsorgemaßnahmen sei verwiesen auf: Gottstein und Tugendreich, Sozialärztliches Praktikum, Berlin 1918.

1. Bekämpfung des Alkoholismus.

Für die Ausdehnung des Alkoholismus geben folgende Zahlen Anhaltspunkte:

Der Verbrauch von absolutem Alkohol (in Form von Bier, Wein, Branntwein) bezifferte sich pro Kopf der Bevölkerung und pro Jahr 1901—1905 auf:

Frankreich	21,6 Liter	Vereinigte Staaten	6,3 Liter
England	9,5 „	Schweden	5,6 „
Deutschland	9,5 „	Norwegen	2,4 „
Österreich	9,0 „	Finnland	2,3 „

Die jährliche Ausgabe für alkoholische Getränke betrug in Deutschland vor dem Kriege etwa 3 Milliarden Mark. Durchschnittlich wurden im Jahr über 10 000 Personen, darunter 7% Frauen, wegen Alkoholismus in Krankenanstalten aufgenommen.

Über die Folgen des Alkoholmißbrauchs für den einzelnen s. S. 166. — Die Allgemeinheit wird durch die an verschiedenen Formen der Trunksucht Leidenden in mehrfacher Weise geschädigt; einmal durch den wirtschaftlichen Verfall, in den sie und ihre Familien leicht geraten, dann durch ihre starke Beeinflussung der Kriminalität und drittens durch

die Steigerung geschlechtlicher Ausschweifungen und der Ausbreitung der Geschlechtskrankheiten.

Schutzmaßnahmen sind vor allem ausgegangen von den Mäßigkeits- und Enthaltsamkeitsvereinen.

Der „Verein gegen den Mißbrauch geistiger Getränke“ zählt in Deutschland etwa 40000 Mitglieder, der Guttemplerorden, die Blaue-Kreuz-Vereine und der katholische Kreuzbund zusammen ungefähr 150000 Mitglieder (in England mehr als 5 Millionen!). Diese Vereine sind bestrebt, die Trunksüchtigen als Mitglieder zu gewinnen und durch völlige Enthaltsamkeit gegen Versuchungen zu schützen. Gleichzeitig hat sich in allen einsichtigeren Kreisen ein gewaltiger Rückgang in bezug auf den Mißbrauch alkoholischer Getränke, auf Trinksitten und Trinkzwang geltend gemacht, und in Heer und Marine sowie bei der sporttreibenden Jugend ist Alkoholenthaltsamkeit etwas nahezu Selbstverständliches geworden.

In verschiedenen Städten sind ferner Beratungsstellen für Alkoholkranke eingerichtet, welche hartnäckige Alkoholiker für eine Behandlung, die wiederum in der Hauptsache auf den Anschluß an einen Enthaltsamkeitsverein hinausläuft, zu gewinnen suchen. Solche Fürsorgestellen werden am besten von psychiatrisch vorgebildeten Ärzten geleitet, denen eine geeignete Krankenschwester und Mitglieder von Enthaltsamkeitsvereinen zur Seite stehen. Durch Kassen- und Armenärzte, Polizeibehörden usw. müssen die Kranken diesen Stellen zugeführt werden. Unter Umständen erfolgt von hier aus die Überweisung an eine geschlossene Trinkerheilanstalt.

Staatliche vorbeugende Maßnahmen sind in den letzten Jahrzehnten vielfach versucht; und zwar erstens durch Schankreformgesetze. Entweder wird die Zahl der Schankstätten herabgesetzt (Konzession nur in bestimmtem Verhältnis zur Einwohnerzahl), und dazu tritt straffe Wirtschaftspolizei, Verbot des Ausschanks an Trinker, Angetrunkene und Jugendliche. Oder es wird Monopolisierung und gemeinnützige Organisation des Alkoholausschanks eingeführt (Gothenburger System). Zur Ergänzung dient (in Schweden seit 1910) für den Kleinverkauf über die Straße das sog. „Stockholmer System“, d. h. die öffentliche Bewirtschaftung durch Karten, die nur an einwandfreie Personen über 21 Jahre ausgegeben werden dürfen. — Zweitens sind Beschränkungen in der gewerblichen Herstellung geistiger Getränke angeordnet; in Norwegen für Getränke mit über 12% Alkohol, in Finnland bereits für solche mit über 2%. — Am radikalsten sind die Vereinigten Staaten vorgegangen, wo seit dem 1. Juli 1919 für eine Bevölkerung von 100 Millionen Menschen ein absolutes Verbot der Herstellung, des Verkaufs und der Beförderung berauschender Getränke in Kraft getreten ist.

Literatur: Grotjahn, Der Alkoholismus nach Wesen, Wirkung und Verbreitung, 1898. — Laquer, in „Krankheit u. soziale Lage“, 1912.

2. Fürsorge für Gebrechliche.

Zu den „Gebrechlichen" werden gerechnet: 1. die Geisteskranken; sie machen ungefähr 3 Promille der Bevölkerung aus; etwa die Hälfte ist in Anstalten untergebracht. 2. die Blinden; etwa 0,6 Promille. In ¼ der Fälle ist die Blindheit angeboren. Seit Einführung des gegen die Blenorrhoea neonatorum gerichteten Credéschen Verfahrens sind die Erblindungen erheblich zurückgegangen. Etwa die Hälfte der Blinden ist in Anstalten untergebracht. In Preußen bestehen ferner 17 Blindenschulen mit mehr als 2000 Zöglingen. Neben dem Schulunterricht besteht die Aufgabe dieser Schulen in der Berufsunterweisung (Seilerei, Bürstenmacherei, Korb- und Stuhlflechten, Klavier- und Orgelspiel usw.). 3. die Taubstummen; 0,9 Promille; bei 50% ist das Leiden angeboren; 5% sind gleichzeitig geisteskrank. In Anstalten befinden sich nur 9% der Kinder; dagegen bestehen in Preußen 48 Taubstummenschulen, in denen 5000 Schüler unterrichtet werden; für diese besteht seit 1912 gesetzlicher Schulzwang. Durch Fachlehrer werden sie in Berufen unterwiesen, die sie großenteils demnächst selbständig so betreiben können (Landwirtschaft, Schneiderei usw.), daß ihre Erwerbsaussichten günstig sind. 4. Krüppel, vor dem Kriege etwa 2 Promille im Alter von unter 15 Jahren; durch den Krieg ist ihre Zahl enorm gesteigert. Die Hälfte ist heimbedürftig, d. h. es sind Kranke, die im Gebrauch des Rumpfs oder der Gliedmaßen so behindert sind, daß eine Entwicklung zur möglichsten wirtschaftlichen Selbständigkeit nur in einer Anstalt möglich ist, die neben den Einrichtungen zur medizinischen, orthopädischen und chirurgischen Behandlung eine Schule und Lehrwerkstätten enthält. Hier erlangen die Krüppel durchschnittlich eine erhebliche Arbeitsfähigkeit; ein Teil wird sogar erwerbsfähig und hört damit auf, heimbedürftig zu sein. — Außer den Heimen besteht noch eine ambulante Krüppelfürsorge, deren Mittelpunkt die Beratungsstellen bilden, und wo poliklinische Behandlung, Berufsberatung usw. erfolgt.

Die öffentliche Krüppelfürsorge ist durch Gesetz vom 6. Mai 1920 geregelt, das im wesentlichen folgendes bestimmt:

1. Die Landesarmenverbände sind verpflichtet, für Bewahrung, Kur und Pflege der hilfsbedürftigen Geisteskranken, Idioten, Epileptischen, Taubstummen, Blinden und Krüppel, soweit sie der Anstaltspflege bedürfen, in geeigneten Anstalten Fürsorge zu treffen. Diese umfaßt bei Krüppeln unter 18 Jahren auch die Erwerbsbefähigung.

2. Die Fürsorge für Krüppel unter 18 Jahren, die nicht der Anstaltspflege bedürfen, sowie die Maßnahmen zur Verhütung der Verkrüppelung gehören zu den Aufgaben der Land- und Stadtkreise.

3. Eine Verkrüppelung im Sinne des Gesetzes liegt vor, wenn eine Person infolge eines angeborenen oder erworbenen Knochen-, Gelenk-, Muskel- oder

Nervenleidens oder Fehlens eines wichtigen Gliedes oder von Teilen eines solchen in dem Gebrauch ihres Rumpfs oder ihrer Gliedmaßen nicht nur vorübergehend derart behindert ist, daß ihre Erwerbsfähigkeit auf dem allgemeinen Arbeitsmarkte voraussichtlich wesentlich beeinträchtigt wird.

4. Ärzte, die in Ausübung ihres Berufs bei einer Person unter 18 Jahren eine Verkrüppelung wahrnehmen, ebenso Lehrer, die während des Unterrichts solche Wahrnehmungen machen, ferner Ärzte und Fürsorgeorgane, welche die Anzeichen drohender Verkrüppelung bei jugendlichen Personen beobachten, sind verpflichtet, hiervon Anzeige an das zuständige Jugendamt zu erstatten.

5. Jeder Stadt- und Landkreis hat mindestens eine Fürsorgestelle für Krüppel zu schaffen oder sich einer solchen anzugliedern. In dieser Fürsorgestelle wird Beratung für Krüppel oder mit Verkrüppelung Bedrohte erteilt. Die Beratungsstelle beantragt die Einleitung der notwendig erscheinenden Maßnahmen.

Literatur: Grotjahn, Soziale Pathologie, 1912. — Grotjahn-Kaup, Handwörterbuch der sozialen Hygiene, 1912. — Biesalski, Leitfaden der Krüppelfürsorge, 1911.

3. Bekämpfung der Geschlechtskrankheiten.

Die Verbreitung der Geschlechtskrankheiten ist ziffermäßig sehr schwer festzustellen. Durch Umfrage bei Ärzten an Stichtagen und durch andere Erhebungen ist ermittelt, daß die Zahl der Kranken in den größeren Städten etwa 1% der Lebenden beträgt, auf dem Lande sehr viel weniger. Von Männern im Alter von 15 bis 50 Jahren waren in Berlin und Hamburg mindestens 4% an Syphilis und 15% an Gonorrhoe erkrankt. Durch die sehr zahlreichen zeitweise nicht in Behandlung befindlichen Kranken wird diese Ziffer noch bedeutend erhöht. — Unter den Todesursachen nehmen die Geschlechtskrankheiten allerdings keine hervorragende Stelle ein; aber andere häufige Todesursachen sind fast stets (Paralyse, Tabes, Aneurysmen) oder zum Teil (Apoplexie, Herzkrankheiten) auf Syphilis zurückzuführen. Ferner droht den Frauen durch gonorrhoische Infektion Sterilität, und man schätzt für Deutschland den dadurch entstehenden Geburtenausfall auf jährlich 200 000. Noch erheblich größer ist die Zahl der infolge von Syphilis totgeborenen oder an „Lebensschwäche“ kurz nach der Geburt gestorbenen Kinder. Im ganzen zeigen somit die Geschlechtskrankheiten eine geradezu verheerende Wirkung und sind unter den Krankheiten wohl als schwerste Geißel des Menschengeschlechts anzusehen. Durch den Krieg haben sie noch eine bedeutende Zunahme erfahren; schätzt man doch die Zahl der am Ende des Krieges vorhandenen geschlechtskranken Soldaten auf etwa 1 Million, von denen der größte Teil im November 1918 die Lazarette ungeheilt eigenmächtig verlassen hat. Seitdem haben sich die Erkrankungen auch unter der ländlichen Bevölkerung stark verbreitet

Für die Bekämpfung wird von mancher Seite das Hauptgewicht auf die Regelung der Prostitution gelegt, in der Annahme, daß von den Prostitutierten weitaus die meisten Ansteckungen ausgehen.

Entweder soll Kasernierung in Bordellen oder in abgegrenzten Straßen (Bremer System) erfolgen, ferner Reglementierung, Eintragung in Listen und polizeiliche Überwachung mit Zwangsuntersuchung und Zwangsbehandlung. Oder nach der Ansicht der „Abolitionisten", die hauptsächlich von Frauenvereinen in England vertreten wird, soll der Staat auch den Prostituierten gegenüber kein Ausnahmerecht haben, und die Überwachung wird für unwürdig erklärt. Weniger diese letztere Auffassung als die Tatsache, daß die bisherige Reglementierung sehr mangelhafte Erfolge erzielt hat, haben die meisten Sachverständigen neuerdings zu der Forderung veranlaßt, daß in Zukunft die polizeiliche Überwachung eingeschränkt und der Schwerpunkt auf die ärztliche Feststellung und Behandlung der Erkrankungen gelegt wird; diese soll durch öffentliche ärztliche Sprechstunden unterstützt werden; diejenigen Prostituierten, die sich ihr willig unterwerfen, sollen von der sittenpolizeilichen Kontrolle befreit sein, und nur renitente sind der Zwangsbehandlung zu überweisen (s. den unten abgedruckten Gesetzentwurf).

Da auch durch eine anderweitige Regelung der Prostitution die Ausbreitung der Geschlechtskrankheiten nur wenig beeinflußt werden wird, müssen noch andere Wege zu deren Bekämpfung eingeschlagen werden. Gemäß den Bestrebungen der „Deutschen Gesellschaft zur Bekämpfung der Geschlechtskrankheiten" sollte unbedingt versucht werden, die Jugend vom 15. bis 16. Jahre an über die vielfach stark unterschätzten enormen Gefahren der Geschlechtskrankheiten für die Erkrankten und deren Nachkommenschaft aufzuklären. Geeignete Merkblätter, Vorträge usw. können zweifellos dadurch viel Nutzen stiften, daß sie der leichtsinnigen Auffassung in bezug auf den außerehelichen Geschlechtsverkehr, der weiteste jugendliche Kreise huldigen, scharf entgegentreten. Ein voller Erfolg ist aber auch diesem Vorgehen schwerlich beschieden, weil die individuell überaus verschieden starke Entwicklung des Geschlechtstriebes oft genug alle guten Vorsätze durchbrechen wird.

Es muß daher versucht werden, den außerehelichen Geschlechtsverkehr soviel als möglich hygienisch ungefährlich zu machen. Dies gelingt am vollkommensten durch Kondome, deren Beschaffung tunlichst erleichtert werden sollte; oder durch Desinfektion nach dem Beischlaf (Einträufelung von Protargol in die Harnröhre und Sublimatwaschung).

Ferner wird eine Verhütung der Weiterverbreitung und zugleich ein Schutz des Erkrankten gegen schlimmere Folgen der Erkrankung erreicht durch möglichste Erleichterung der ärztlichen Beratung und Behandlung, die sich neuerdings auf ausgezeichnete Methoden zur Ermittelung der Krankheit und auf vorzügliche Heilmittel stützen kann.

Den Mittelpunkt hierfür sollen besondere Beratungsstellen bilden, wie sie bereits von den Landesversicherungsanstalten und von Kommunalverwaltungen in großer Zahl ins Leben gerufen sind. Daneben muß durch gesetzliche Bestimmungen die wissentliche und leichtsinnige Verbreitung einer Geschlechtskrankheit unter Strafe gestellt werden. Näheres siehe in dem unten abgedruckten Gesetzentwurf, dessen schwierigster und umstrittenster Punkt die richtige Art der Anzeigepflicht ist.

Von besonderer Bedeutung ist die Verhütung der Übertragung der Krankheiten in der Ehe. Ein Zwang zur ärztlichen Untersuchung und Vorlegung eines Zeugnisses vor der Eheschließung ist daher dringend wünschenswert. Entweder haben beide Ehebewerber bei der standesamtlichen Meldung ein in den letzten 4 Wochen ausgestelltes ärztliches Zeugnis vorzulegen, das zweckmäßig von bestimmten Ärzten („Eheberatern") ausgestellt wird und nur feststellt, ob die Ehe zulässig oder bedenklich erscheint, ohne auf Einzelheiten des Gesundheitszustandes einzugehen; oder es ist nach der Meinung anderer nur ein „Einheitszeugnis" für Männer auszustellen, das sich lediglich auf Geschlechtskrankheiten bezieht.

Diese Fragen harren in naher Zeit ihrer gesetzlichen Lösung. Vorläufig kann nur ein Hinweis auf die wichtigsten, in Betracht kommenden Bestimmungen gegeben werden, durch Abdruck eines vom 10. Ausschuß der Preuß. Landesversammlung beschlossenen Entwurfs für ein entsprechendes Gesetz:

1. Es ist eine ausreichende Zahl von Beratungsstellen einzurichten, denen die Überwachung der Geschlechtskrankheiten für das gesamte Reichsgebiet obliegt.

2. Zur Bekämpfung der Geschlechtskrankheiten und zur Überwachung der Prostitution ist die bisherige Sittenpolizei unter völliger Loslösung von der Kriminalpolizei in ein ausschließlich gesundheitlichen und pfleglichen Zwecken dienendes Amt umzuwandeln, an dem neben einem Arzt eine sozialvorgebildete Fürsorgerin arbeiten soll.

3. Für alle Geschlechtskranke besteht eine Behandlungspflicht.

4. Es ist eine Anzeigepflicht für alle Geschlechtskrankheiten ohne Namensnennung an ein zu strengstem Stillschweigen verpflichtetes Gesundheitsamt einzuführen. Die Namen der Kranken können, wenn nötig, durch Nachfrage bei dem behandelnden Arzt aus dessen Krankenjournal festgestellt werden.

5. Der Arzt hat die Kranken über die Bedeutung ihrer Erkrankung zu belehren.

6. Die Behandlung erfolgt allgemein unentgeltlich; die Kosten gehen zu Lasten des Landes.

7. Personen, die gewerbsmäßig Unzucht treiben, haben nachzuweisen, daß sie unter regelmäßiger gesundheitlicher Beaufsichtigung stehen. Erkranken

sie, so haben sie sich auf Anordnung des Arztes einer Behandlung im Krankenhaus zu unterziehen.

8. Wer den Beischlaf ausübt, obwohl er weiß oder den Umständen nach annehmen muß, daß er an einer mit Ansteckungsgefahr verbundenen Geschlechtskrankheit leidet, wird mit Gefängnis bis zu 3 Jahren bestraft. Die Verfolgung tritt, soweit es sich um Ehegatten handelt, nur auf Antrag ein.

9. Wer eine Ehe eingeht, obwohl er weiß oder den Umständen nach wissen müßte, daß er an einer solchen Krankheit leidet, ohne dem anderen Eheteil vor Eingehung der Ehe davon Mitteilung gemacht zu haben, wird mit Gefängnis bis zu 3 Jahren bestraft. Verfolgung tritt nur auf Antrag ein.

Literatur: Grotjahn, Soziale Pathologie 1912. — Blaschko, Hygiene der Prostitution, 1900. — S. auch die Handbücher über Geschlechtskrankheiten und die „Mitteilungen der D. Ges. zur Bek. der Geschl. (D.G.B.G.), Leipzig, Bd. 1—18.

Neuntes Kapitel.

Beruf und Beschäftigung (Gewerbehygiene).

Nach Beruf und Beschäftigung gliedert sich die Bevölkerung Deutschlands in folgender Weise:

1907 übten eine Hauptberufstätigkeit aus:

1. In der Landwirtschaft (Gärtnerei, Fischerei, Forstwirtsch.)	9 883 000 =	32,7%
2. In der Industrie (einschl. Bergbau, Baugewerbe)	11 256 000 =	37,2%
3. Im Handel und Verkehr (einschl. Gast- u. Schankwirtsch.)	3 477 000 =	11,5%
4. In wechselnder Lohnarbeit	470 000 =	1,6%
5. Beamte, freie Berufe	1 738 000 =	5,8%
6. Berufslose Selbständige	3 404 000 =	11,3%
zusammen	26 827 000 =	100%

Die tägliche ärztliche Erfahrung lehrt, daß die Entstehung zahlreicher Krankheiten auf die Beschäftigungsweise der Erkrankten zurückzuführen ist. Vielfach hat die Beschäftigung ausschließlich und trotz der im übrigen günstigen hygienischen Verhältnisse die Krankheit hervorgerufen; oft tragen in höherem Grade Mängel der Wohnung, Nahrung, Hautpflege usw. die Schuld. — Der Einfluß der Beschäftigung macht sich zwar bei fast allen Berufsarten geltend, und auch die in Landwirtschaft und Handel Tätigen und nicht zum wenigsten die geistig Arbeitenden werden davon betroffen. Aber das Interesse größerer Kreise wendet zurzeit sich lediglich den in Gewerbebetrieben beschäftigten körperlich Arbeitenden zu, die den ganz überwiegenden Teil der städtischen Bevölkerung ausmachen. Dementsprechend soll auch im folgenden nur die Hygiene der gewerblichen Arbeiter und Betriebe berücksichtigt werden.

Auch statistisch läßt sich der Einfluß der Beschäftigung auf die gesamte Mortalität und auf die Frequenz einzelner Krankheiten erweisen; jedoch haften derartigen Feststellungen leicht erhebliche Fehler an. Will man die Sterblichkeit eines Berufs ermitteln, so sind z. B. auch die aus dem Beruf ausgeschiedenen, die Arbeitsinvaliden usw., zu berücksichtigen. Außerdem ist die verschiedene Altersbesetzung unbedingt in Betracht zu ziehen, da nur ein Vergleich der Sterbeziffern der gleichen Altersgruppe den Einfluß des Berufs richtig erkennen läßt. Beiden Forderungen entspricht folgende englische Tabelle (Suppl. to the 65. Annual Report of the Reg. Gen. of Births, Deaths and Marriages, 1908):

Von 1000 Männern der betr. Altersklasse starben 1900—1902:

	Alter in Jahren						
	15—19	20—24	25—34	35—44	45—54	55—64	65 u. mehr
Alle Männer	3,49	4,77	6,38	10,94	18,67	34,80	94,61
Alle beschäftigten Männer	2,44	4,41	6,01	10,22	17,73	31,01	88,39
Geistliche	—	1,68	2,72	4,09	9,82	23,43	82,62
Ärzte	—	2,90	5,58	10 56	18,52	33,02	99,50
Beamte	2,53	4,73	4,92	7,80	13,24	25,05	78,26
Unterbeamte	1,58	3,59	4,41	8,41	16,38	28,19	111,41
Bauern	3,28	3,27	4,07	5,90	10,71	22,02	94,55
Ländliche Arbeiter	1,70	3,59	4,34	6,36	11,22	22,06	97,34
Brauer	2,31	5,18	7,55	16,59	26,46	48,60	117 69
Müller	1,13	2,94	3,79	9,15	18,06	35,15	113,86
Schreiber	2,23	4,10	5,79	10,73	20,00	37,68	111,52
Schmiede	1,79	2,99	5,17	9,44	17,07	37,07	109,39
Maurer	1,43	2,94	4,49	10,25	17,49	33,42	97,70
Textilarbeiter	2,62	4,59	5,63	9,71	19,78	43,44	112,52
Bergwerksarbeiter	3,20	4,48	5,18	8,18	15,34	38,25	128,62
Tagelöhner	4,54	9,31	15,29	26,84	40,52	71,60	191,63

In den letzten Jahren werden brauchbare Zahlen für den Einfluß des Berufs auch auf die Morbidität gewonnen durch die Verarbeitung des großen statistischen Materials der Krankenkassen. Insbesondere bietet z. B. die Bearbeitung des gewaltigen Materials der Leipziger Ortskrankenkasse (150 000 Mitglieder) für den Zeitraum von 1887—1905 durch das Kaiserl. Statistische Amt (4 Bände, Berlin 1910) sehr bemerkenswerte Ergebnisse. Aus diesen sei hier nur umstehende Tabelle zum Abdruck gebracht.

Selbst wenn nach möglichst korrekter Methode gerechnet wird, sind die Schlußfolgerungen auf die Wirkung des Berufs immer noch mit großer Vorsicht zu ziehen. So ist zu berücksichtigen, daß viele einen bestimmten Beruf wählen, weil derselbe ihrer bereits vorher ausgebildeten schwächlichen oder kräftigen Konstitution entspricht. Außerdem kommen die Erwerbsverhältnisse, welche der betreffende Beruf gerade bietet, wesentlich in Betracht. Ist in einem Distrikt das Angebot für eine bestimmte Beschäftigung sehr groß und der Lohn entsprechend niedrig, so liefert die Statistik schlechtere Zahlen als unter anderen günstigeren Verhältnissen.

Ätiologie und Prophylaxis der Arbeiterkrankheiten.

I. Gesundheitsschädigungen durch die allgemeinen hygienischen Verhältnisse.

Unter Arbeiterkrankheiten im weiteren Sinne begreift man auch diejenigen Gesundheitsstörungen, welche nicht unmittelbar von der Beschäftigung abhängen, sondern auf einer Verschlechterung der all-

	Krankheitsfälle überhaupt	Krankheitstage								Todesfälle			Betriebsunfälle
		überhaupt	Atmungsorgane	Tuberkulose	Nervenkrankheiten	Kreislauforgane	Verdauungsorgane	Krankheiten der Haut	Krankh. der Bewegungsorgane	Alle Todesursachen	Atmungsorgane	Tuberkulose	
Baugewerbe	542	12965	2237	646	695	348	1214	907	2105	11,16	2,13	2,37	61,3
Beherbergung	349	9829	1467	1207	465	422	975	818	1772	17,1	2,55	5,87	13,0
Häuteindustrie	380	8886	2468	723	458	264	1181	613	919	13,3	2,0	3,8	17,7
Gärtnerei, Land- und Forstwirtschaft	535	12330	2381	938	625	405	1054	**1124**	1706	16,04	**5,3**	4,1	44,3
Glas und Porzellan, Töpferei	461	11615	2287	1262	1193	425	993	510	1332	9,26	2,06	4,12	29,9
Holzindustrie	416	10332	1875	843	751	357	1161	650	1250	11,75	2,42	3,73	41,7
Lederindustrie	388	11365	1820	1529	850	509	1211	1020	1411	12,65	1,47	4,4	21,8
Metallverarbeitung	512	12219	1968	853	891	410	1195	769	1784	10,9	2,4	3,0	66,8
Nahrungs- und Genußmittel	447	10456	1555	657	518	336	969	865	1845	12,6	2,1	2,6	49,0
Papierindustrie	409	11776	2097	1179	915	**543**	1469	504	1528	11,6	2,0	4,4	33,2
Polygraphisches Gewerbe	333	11654	1773	1194	**1267**	425	1075	495	1474	11,1	1,3	4,0	8,5
Steinbearbeitung	603	**19363**	**4448**	**4824**	625	528	1061	632	2329	**25,0**	**6,0**	**16,4**	49,1
Textilindustrie	422	9607	1715	702	521	363	1234	640	1330	10,2	1,7	3,8	39,0
Verkehrsgewerbe	488	11219	1770	801	477	231	757	749	1451	14,6	3,5	3,15	**90,2**
Zement und Kalk	**685**	14807	2456	294	558	536	**1522**	1091	**2680**	11,7	3,2	1,2	69,2
Büro- und Ladenpersonal	232	6705	1103	644	1266	388	652	226	705	11,5	2,3	3,0	3,0
Maschinisten, Heizer	337	7816	1140	521	410	258	770	420	1423	10,2	2,0	3,0	51 6
Hilfsgewerbe des Handels	301	7522	1434	913	494	302	767	383	978	12,4	2,7	3,6	22,0

gemeinen Lebensbedingungen, der Ernährung, Wohnung, Hautpflege usw. beruhen. — Trotz aller Lohnerhöhungen ist es oft schwierig, eine den Bedarf des Körpers wirklich deckende Nahrung zu beschaffen, und es gelingt dies nur mit bewußter Auswahl der nahrhaftesten und preiswürdigsten Nahrungsmittel, dagegen nicht ohne Kenntnis des Nährwertes der Speisen und nach dem trügerischen Maßstab des Aussehens, Volumens und Geschmacks der Nahrung. Eine fast unausbleibliche Folge ungenügender Ernährung ist der Alkoholismus, da die Empfindung der Energielosigkeit naturgemäß zu einem Reizmittel treibt, das wenigstens vorübergehend das Gefühl der Kraft und Leistungsfähigkeit hervorzaubert. Zahlreiche Arbeiter leiden unter ungenügenden Wohnungen. Viele leben eng zusammengedrängt in Mietskasernen, die nichts von dem bieten, was im Kapitel „Wohnung“ bezüglich des Luftkubus, der Ventilation, der Belichtung usw. als erforderlich bezeichnet wurde, und deren Schmutz und Verkommenheit sich bald auch auf die wenigen Familien auszudehnen pflegt, welche ursprünglich noch das Bestreben hatten, sich ein behagliches Heim zu schaffen. — Auch reinliche Kleidung, Wäschewechsel und Hautpflege sind zurzeit schwer mit einiger Regelmäßigkeit zu beschaffen. — Die Unsauberkeit in Wäsche und Kleidung, sowie die Überfüllung der Wohnungen wirken wiederum unterstützend auf die Ausbreitung der Infektionserreger. Tuberkulose, die akuten Exantheme, Diptherie finden hier reichlichste Gelegenheit zu immer neuen Übertragungen. Cholera-, Genickstarre-Epidemien nehmen häufig in Industriegegenden ihren Anfang und schwellen dort so bedeutend an, daß an eine schnelle Ausrottung nicht mehr zu denken ist.

Außerordentliche hygienische Gefahren bedrohten früher den Arbeiter, wenn Krankheiten den täglichen Verdienst hinderten und wenn durch dauernde Gesundheitsstörungen oder Alter Erwerbsunfähigkeit eintrat. Da die Möglichkeit einer eigenen Fürsorge für solche Eventualität bei der Mehrzahl der Arbeiter ausgeschlossen war, entstand hier ein Proletariat, das vollständig auf die Unterstützung anderer angewiesen war.

Maßregeln zur Beseitigung dieser ganzen Kategorie von Schädigungen der Arbeiter sind bereits in großem Umfang durchgeführt, und in den letzten Jahren hat die außerordentliche Verbesserung der sozialen Lage der Arbeiter bewirkt, daß viele hygienische Nachteile, welche sich aus dem zu niedrigen Einkommen ergaben, nahezu verschwunden sind. Die Ernährung des Arbeiters ist zur Zeit nicht schlechter als die des Mittelstandes; Haushaltungs- und Kochschulen verhelfen zu richtiger Beurteilung der Preiswürdigkeit und zu zweckmäßiger Zubereitung der Lebensmittel; Konsumvereine, Volksküchen usw. stehen

zur Verfügung. Eine Besserung der Wohnungsverhältnisse wird mit größter Energie angestrebt; für die Bekämpfung der Seuchen ist das mögliche geschehen. Selbstverständlich sind nicht innerhalb kurzer Frist alle Schädigungen zu beseitigen, und namentlich die Maßnahmen bezüglich der Wohnungsreform müssen notgedrungen mit längeren Zeiträumen rechnen. Aber im ganzen tritt eine weitgehende Besserung der hygienischen Verhältnisse der Arbeiter zutage, und wenn noch grobe Mißstände bemerkbar werden, so ist nicht zu vergessen, daß auch nicht selten die Arbeiter selbst durch schrankenlose Befriedigung ihrer Wünsche, frühzeitige Ehe, Leichtsinn und Verschwendung, Alkoholismus usw. an der Verschlechterung ihrer Lage schuld sind.

Den schlimmen Folgen der vorübergehenden oder dauernden Erwerbsunfähigkeit ist durch Krankenkassen und durch die Unfall-, Alters- und Invaliditätsversicherung in Deutschland in ausgezeichneter Weise vorgebeugt worden, zumal diese Bestimmungen fortlaufend verbessert und ergänzt werden.

Die wichtigsten einschlägigen Gesetze betreffen 1. die Krankenversicherung, 2. die Unfall-, 3. die Invaliditäts- und Altersversicherung. 1911 sind alle drei in die „Reichsversicherungsordnung“ zusammengefaßt, deren Bestimmungen zum Teil erst 1913 in Kraft getreten sind. — 1. Gesetz über Krankenversicherung 16. 6. 1883, ergänzt 19. 5. 1903). In Industrie und Gewerbe gegen Lohn (bis zu 2000 M., seit 22. 11. 1918 bis 5000, sei 1. 4. 1920 bis 15 000 M.) beschäftigte Arbeiter, ferner Gehilfen, Betriebsbeamte, Werkmeister usw. bis zu 15 000 M. Jahresverdienst sind verpflichtet, einer Krankenkasse beizutreten; ⅔ der Beiträge leistet der Arbeiter, ⅓ der Arbeitgeber. Auch freiwillige Versicherung ist bei einem Jahreseinkommen von weniger als 15000 Mk. zulässig. Die Krankenkassen gewähren: a) bis zu 26 Wochen freie Krankenpflege einschließlich Arznei usw.; ferner vom 4. Tage ab ein Krankengeld in Höhe des halben Grundlohnes (durchschnittlichen Tageslohnes oder des wirklichen Arbeitsverdienstes des Versicherten). b) Für Wöchnerinnen ein Wochengeld in Höhe des Krankengelds für 8 Wochen (6 nach der Niederkunft). c) Beim Tode ein Sterbegeld im Betrage des 20fachen Grundlohnes; letzteres kann verdoppelt werden. — 1912 betrug die Zahl der Versicherten in Deutschland 15,1 Millionen, bei denen 5,6 Millionen Krankheitsfälle vorkamen. Die Ausgaben der Krankenkassen betrugen 395 Mill. Mark.

2. Gesetz über Unfallversicherung (6. 7. 1884). Die Unternehmer der Betriebe von gleicher Gefährlichkeit sind zu „Berufsgenossenschaften“ vereinigt; sie erlassen Vorschriften zur Verhütung von Unglücksfällen und sammeln die Fonds zur Entschädigung der verunglückten Arbeiter. Letztere erhalten Kurkosten und außerdem eine Rente, die bei völliger Arbeitsunfähigkeit ⅔ des Verdienstes beträgt; ferner bei Heilanstaltspflege eine „Angehörigen“rente; im Todesfall ein Sterbegeld gleich $^1/_{15}$ des Jahresverdienstes, mindestens 50 Mk.; und die Witwe ⅕ und jedes Kind ⅕ (im ganzen aber nicht mehr als ⅗) des Jahresverdienstes als Rente. Oberste Verwaltungsbehörde ist das Reichs-Versicherungsamt in Berlin.

Die Krankenfürsorge erforderte 1913 etwa 13 Mill. Mark, die Verletztenrente 120 Mill., die Hinterbliebenenrente 37 Mill. Mark.

3. Gesetz über Invaliden- und Hinterbliebenenversicherung (Erste Bestimmungen 22. 6. 1889). Versicherungspflichtig sind alle der Krankenversicherung unterliegenden Arbeiter, Dienstboten, Gehilfen usw. Je nach dem Einkommen sind wöchentliche Beiträge zu zahlen, zur Hälfte vom Arbeitgeber, zur Hälfte vom Arbeiter. Das Reich zahlt zu jeder Rente 50 Mark Zuschuß. Anspruch auf Rente haben Personen über 65 Jahre und solche, die nicht mehr als ⅓ gegen früher verdienen können. Nach dem Tode des gegen Invalidität Versicherten erhält die Witwe eine Witwenrente (je nach der Höhe der Beiträge verschieden; das Reich zahlt 50 Mark Zuschuß), Kinder unter 15 Jahren eine Waisenrente, bei Vollendung des 15. Jahres eine einmalige Waisenaussteuer (in Höhe des 8fachen Monatsbetrages der Waisenrente). — Von dieser Versicherung wurden 1913 bezahlt für Krankenfürsorge 29 Millionen, für Invalidenrente 170 Millionen, für Altersrenten 14 Mill., für Waisenrenten 3 Mill. Mark. Seit dem Bestehen der Versicherung sind von 1885—1915 über 3 Milliarden Entschädigungen gezahlt. Um den Eintritt von Arbeitsunfähigkeit zu verhüten oder hinauszuschieben, werden geeignete Heilverfahren unterstützt und eigene Heilstätten begründet; so namentlich Lungenheilstätten, Genesungsheime usw. zur Bekämpfung der Tuberkulose, Beratungsstellen für Geschlechtskranke u. a. m.

4. Angestellten-Versicherung, Gesetz von 1911; für solche Berufstätige, welche nicht unter die Invaliditätsversicherung fallen, mit entsprechend höheren Beiträgen und Leistungen; Ruhegeld nach dem 65. Jahre, Rente bei Berufsunfähigkeit, Witwen- und Waisenrente.

5. Erwerbslosen-Fürsorge. Eine Häufung von Arbeitslosen in Zeiten wirtschaftlicher Krisen (wie insbesondere in der Nachkriegszeit) führt ein Sinken der Volksgesundheit herbei, dem nach Möglichkeit vorgebeugt werden muß. Die mehr als 2000 Arbeitsnachweise, die in Deutschland von Gemeinden, Innungen usw. ins Leben gerufen sind und die für normale Zeiten ausreichen, können in kritischen Zeiten nicht genügend Arbeitsmöglichkeiten schaffen. Vom Staat, den Gemeinden usw. unternommene Notstandsarbeiten bieten nur ungelernten Arbeitern befriedigende Beschäftigung und bedingen auf die Dauer große Ausgaben. Hier bleibt nichts übrig, als eine Arbeitslosenversicherung, die für die gewerkschaftlich organisierten Arbeiter seitens der Berufsorganisation eingerichtet ist und sich bewährt hat. Zuschüsse, z. B. von kommunaler Seite, werden den Gewerkschaften behufs Unterstützung der arbeitslosen Mitglieder zugewiesen (Genter System); daneben stehen freiwillig für diesen Zweck angelegte Sparguthaben zur Verfügung. Ist ein Erwerbsloser krankenkassenberechtigt, so hat die Gemeinde den Versicherungsbeitrag weiterzuzahlen; der erkrankte Erwerbslose erhält neben Krankengeld und Pflege Zuschläge für die Familienmitglieder. — Für die Durchführung sorgen Fürsorgeausschüsse, die von Arbeitgebern und Arbeitnehmern in gleicher Zahl gebildet werden. Die Unterstützungen sollen nicht an solche ausgezahlt werden, die eine ihnen zugewiesene, ihrer Ausbildung und ihrem Beruf einigermaßen entsprechende Arbeit — auch außerhalb ihres Wohnorts — ablehnen. Da die Kontrolle durch sachlich interessierte Arbeitskollegen ausgeübt wird, bewährt sich die

Einrichtung einigermaßen; sie versagt aber leicht gegenüber den unorganisierten Arbeitern, und bei weiterem Anschwellen der Arbeitslosigkeit wird die Einführung einer obligatorischen Arbeitslosenversicherung durch Gemeinde, Staat und Reich nicht zu umgehen sein.

II. Gesundheitsschädigungen durch die Beschäftigungsweise der Arbeiter.

Der unmittelbar gesundheitsschädliche Einfluß der Beschäftigung kommt zustande: 1. durch ungenügende Rücksichtnahme auf die Körperbeschaffenheit der Arbeiter; 2. durch die Arbeitsdauer; 3. durch hygienisch ungenügende Beschaffenheit der Arbeitsräume; 4. durch einseitige Muskelanstrengung und die Körperhaltung bei der Arbeit; 5. durch starke Lichtreize, Geräusche usw., welche die Sinnesorgane schädigen; 6. durch gesteigerten Luftdruck; 7. durch exzessive Temperaturen; 8. durch eingeatmeten Staub; 9. durch giftige Gase; 10. durch giftiges Arbeitsmaterial; 11. durch Kontagien; 12. durch Unfälle.

1. Körperbeschaffenheit der Arbeiter.

Befriedigung durch die berufliche Tätigkeit wird nur dann zu erwarten sein, wenn von vornherein eine gewisse Eignung des einzelnen für den betreffenden Beruf vorhanden ist. Oft wird in verständiger Weise die Körperkonstitution bei der freien Wahl des Berufs berücksichtigt werden; auch wird die Berufsberatung durch den Schularzt (s. oben) vielfach dazu helfen, daß eine ungeeignete Wahl vermieden wird. Aber trotzdem wird nicht selten die gewählte Berufstätigkeit den Arbeiter überanstrengen, vorzeitige Ermüdung herbeiführen und schließlich den Körper schwächen und nervöse Störungen auslösen. — Neuerdings wird daher besonderer Wert gelegt auf eine planmäßige Auslese der Arbeiter durch psychotechnische Eignungsprüfung.

Diese erstreckt sich, in Ergänzung der ärztlichen Untersuchung, auf Jugendliche, zukünftige Lehrlinge und einzustellende Facharbeiter und strebt die Feststellung berufswichtiger psychophysischer Funktionen an, z. B. gute Entwicklung der Muskulatur und des Herzens bei Schwerarbeitern, Feinheit des Tastgefühls bei Präzisionsarbeitern; Ruhe und Sicherheit der Hand bei Gießern, Formern usw.; Aufmerksamkeits- und Reaktionsleistungen bei Kraftfahrern, Flugzeugführern u. ä.; geringe Ermüdbarkeit bei Revisoren u. dgl. m. Die Prüfungsmethoden bestehen in Versuchs-Anordnungen, die (auf Grund einer eingehenden psychophysichen Berufsanalyse) die Wirklichkeit möglichst getreulich nachahmen. Für die Eichung der Methoden sind die Mindestanforderungen maßgebend, die im praktischen Betriebe gestellt werden; für ihre Brauchbarkeit die Erfolgskontrollen, d. h. der planmäßige Vergleich der Prüfungsergebnisse mit den beruflichen Leistungen der Geprüften (Hoch- und Mindestleistungen, Ausschuß, Unfälle). Zahlreiche größere industrielle Betriebe haben sich bereits eigene Prüf-

stellen eingerichtet, während kleinere Betriebe vielfach in öffentlichen Prüfstellen (z. B. dem Psychotechnischen Laboratorium der Technischen Hochschule zu Charlottenburg) die Untersuchung ihrer zukünftigen Lehrlinge ausführen lassen. (Schlesinger, Betriebswissenschaft und Psychotechnik, Leipzig 1920; Moede, Psychotechnische Eignungsprüfungen in der Industrie).

2. Arbeitszeit.

Für jugendliche und weibliche Arbeiter hat bereits die Reichsgewerbeordnung von 1900 („Arbeiterschutzgesetz") und das Kinderschutzgesetz von 1903 eine Reihe wichtiger Bestimmungen vorgeschrieben. Kinder unter 13 Jahren dürfen in Fabriken überhaupt nicht beschäftigt werden; Kinder über 13 Jahre nur dann, wenn sie nicht mehr zum Volksschulbesuch verpflichtet sind. Die Beschäftigung von Kindern unter 14 Jahren darf die Dauer von sechs Stunden nicht überschreiten. Arbeiter zwischen 15 u. 16 Jahren dürfen in Fabriken nicht länger als zehn Stunden beschäftigt werden. Zwischen den Arbeitsstunden müssen regelmäßige Pausen gewährt werden (mittags mindestens eine Stunde, vormittags und nachmittags ½ Sunde). — Arbeiterinnen dürfen in der Fabrik nicht in der Nachtzeit von 8½ Uhr abends bis 5½ Uhr morgens beschäftigt werden.

Diese und ähnliche Bestimmungen sind überholt durch die Verordnung vom 23. 11. 1918, nach welcher für alle gewerblichen Arbeiter, einschließlich des Bergbaus, der Staats- und Gemeindebetriebe und der landwirtschaftlich-gewerblichen Nebenbetriebe, die Arbeitszeit auf 8 Stunden festgesetzt wird, ausschließlich der Pausen, falls die Arbeitszeit geteilt wird; einschließlich einer halbstündigen Pause bei durchgehender Arbeitszeit. Ausnahmen sind nur zulässig für Betriebe, die eine Unterbrechung nicht gestatten oder deren ununterbrochene Aufrechterhaltung im öffentlichen Interesse nötig ist. Regelung durch den Gewerbebeamten. — Im Bergbau und einigen anderen besonders anstrengenden oder gesundheitsgefährdenden Betrieben sind 7 Stunden und noch kürzere Arbeitszeiten vereinbart. Für Hausbedienstete und andere Arbeiter, bei denen nicht sowohl dauernde Arbeitsleistung als vielmehr Arbeitsbereitschaft in Frage kommt, wird meist eine 11stündige Arbeitszeit vereinbart. — Für Landarbeiter ist durch Verordnung vom 24. 1. 1919 eine tägliche Höchstarbeitszeit bestimmt von durchschnittlich 8 Stunden in 4 Monaten, von 10 Stunden in 4, und von 11 Stunden in 4 Monaten des Jahres; die Wege sind einzurechnen, nicht aber die Pausen und Mahlzeiten.

Vom hygienischen Standpunkt aus erscheint die Forderung des Achtstunden-Arbeitstages für alle Betriebe und alle Arbeiter eben-

sowenig berechtigt, wie die Festsetzung einer gleichen Nahrungsration ohne Berücksichtigung der Variationen in der Zusammensetzung der Nahrung und der individuellen Bedarfsdifferenzen. Für die eine Kategorie von Arbeitern sind 8 Stunden schon eine zu lange Arbeitszeit, für andere könnte ohne Schaden eine erhebliche Verlängerung erfolgen. Aber von anderen Gesichtspunkten aus empfiehlt es sich doch, für den Fabrikarbeiter die Arbeitszeit allgemein mit 8 Stunden zu begrenzen, schon deshalb, weil meist die Eintönigkeit der Arbeit dringend eine Unterbrechung erheischt, besonders aber, weil eine Zunahme der Leistung mit der Verlängerung der Arbeitszeit doch nicht verbunden zu sein pflegt. Im Gegenteil sind wiederholt bessere Ergebnisse durch Kürzung der Arbeitszeit beobachtet, und auch durch ärztliche Untersuchungen ist festgestellt, daß in den Überstunden Gesichts- und Hörschärfe absinken und die Reaktionszeit zunimmt. Allerdings fehlt es noch an ausgedehnteren Untersuchungen in dieser Richtung.

Eine Steigerung der Leistung ohne Ausdehnung der Arbeitszeit soll durch das Taylorsystem erreicht werden, dem der Gedanke zugrunde liegt, daß auch bei einfacher Tätigkeit, z. B. beim Mauern, die Handgriffe nicht mit dem physiologischen Minimum von körperlicher Arbeit verrichtet werden, das eigentlich dazu erforderlich wäre. Auf Grund eines besonderen Studiums sollen die Arbeiten möglichst vereinfacht werden; mehrere Bewegungen werden durch eine ersetzt, verbesserte Arbeitsgeräte, bequeme Gestelle verwendet, und so läßt sich die Gesamtleistung ohne größeren Kraftaufwand und raschere Ermüdung bedeutend erhöhen.

3. Die Arbeitsräume.

Die Vorschriften der Gewerbeordnung bestimmen, daß die Arbeitsräume in bezug auf Flächeninhalt, Lage, Heizung, Beleuchtung, Ventilation und Beseitigung des beim Betrieb entstehenden Staubes, der Gase und Abfälle den allgemeinen Regeln der Gesundheitspflege entsprechen.

Die Höhe der Arbeitsräume soll wenigstens 3,5 m, bei einer erheblicheren Zahl von Arbeitern 4 m, bei größeren Sälen 5 m betragen. Jedem Arbeiter sollen wenigstens 10 cbm Luftraum und 20 cbm stündliche Luftzufuhr gewährt werden; entwickeln sich im Arbeitsraum reichliche Mengen Atmungs- oder Beleuchtungsprodukte (z. B. in Bergwerken durch die rußenden Lampen), so ist für kräftigere Ventilation zu sorgen. Übelriechende Gase sind tunlichst am Entstehungsort abzusaugen. — Die Aborte sollen in gehöriger Zahl, für die Geschlechter getrennt, mit zugfreiem Zugang und so angelegt werden, daß keine Ausdünstungen in den Arbeitsraum gelangen. Ist ein Kleiderwechsel der Arbeiter erforderlich, so müssen auch hierfür geeignete, für die Geschlechter getrennte Räume hergestellt sein. Dortselbst sollen ausreichende Waschvorrichtungen Platz finden. Bei größerer Entfernung der Fabrik von den Wohnungen der Arbeiter sind geräumige und heizbare Speiseräume einzurichten, in welchen Vorkehrungen zum Erwärmen der mitgebrachten Speisen angebracht sein müssen. Für gesundes

Trinkwasser ist zu sorgen. Die Triebmaschinen, Transmissionen, Falltüren und Treppenöffnungen haben eine solche Einfriedigung zu erhalten, daß eine Verletzung der Passanten ausgeschlossen ist. — Die zuständigen Polizeibehörden sind befugt, im Wege der Verfügung für einzelne Anlagen die Ausführung derjenigen Maßnahmen anzuordnen, welche zur Durchführung der in den Bestimmungen enthaltenen Grundsätze erforderlich erscheinen.

4. Die Muskelarbeit und die Körperhaltung kann sehr mannigfaltige Gesundheitsstörungen hervorrufen.

Durch den Druck auf das Handwerkszeug entstehen in der Hand oft Schwielen, Blasen und chronische Entzündungen. Man beobachtet dieselben besonders bei Tischlern, Graveuren, Metalldrehern, Gerbern. An anderen Körperstellen können akzidentelle Schleimbeutel entstehen, so ein Schleimbeutel am Ellenbogengelenk bei Lederappreteuren, ein solcher am vorderen Darmbeinstachel bei Webern durch den Druck des Brustbaumes, ferner an den äußeren Malleolen und am Köpfchen der Fibula bei Schneidern. — Schuster zeigen am Sternum oft eine umschriebene Vertiefung, welche durch den Druck des Leistens gegen den Brustkasten zustande kommt.

Bei fortgesetzter Anstrengung derselben Muskelgruppen beobachtet man, am häufigsten wiederum an der Hand, Sehnenscheiden- und Gelenkentzündungen, Kontrakturen und Krämpfe der betreffenden Muskeln. Setzer, Tischler, Gerber, Juweliere, Blumenmacherinnen, welche sämtlich dauernd minutiöse Handarbeiten mit gewissem Kraftaufwand zu verrichten haben, leiden oft an diesen Affektionen. Die als „Schreibkrampf" bezeichnete professionelle Koordinationsneurose findet man außer bei Schreibern bei Graveuren, Setzern, Juwelieren, Näherinnen, Klavierspielern usw. — Andere besonders angestrengte Muskelgruppen hypertrophieren; nicht selten entstehen Rückgratsverkrümmungen, wenn die Arbeit eine prononziert einseitige ist und eine forcierte Biegung oder Drehung des Oberkörpers veranlaßt, z. B. bei Kesselschmieden, Schneidern, Schustern usw.

Anhaltendes Aufrechtstehen führt zu Varicen, Ödemen und Geschwüren an den unteren Extremitäten, zu O- und X-Beinen, Plattfüßen usw. Setzer, Schlachter, Bäcker, Tischler, Kellner, Gerber sind z. B. dieser Affektion ausgesetzt. — Häufiger kommen Zirkulationsstörungen infolge von sitzender und gebückter Stellung vor. Schneider, Näherinnen, Strickerinnen, Schuster leiden fast immer an gastrischen Beschwerden, Ernährungsstörungen, resp. an Krankheiten der Beckenorgane.

Ferner kann wiederholte intensive Muskelanstrengung, wie sie bei Lastträgern, Schmieden, Schlossern, Bäckern erforderlich ist,

zu Emphysem und organischen Herzfehlern, in selteneren Fällen auch zu Muskelzerreißungen und Hernien führen.

Selbstverständlich bedingt endlich jede Überanstrengung, sei es, daß die Arbeit für die individuelle Muskelkraft zu anstrengend ist, sei es, daß eine an sich leichte Arbeit zu lange ausgedehnt und nicht von den gehörigen Ruhepausen unterbrochen wird, eine Schwächung der Gesundheit.

Gegen die genannten Schädigungen kann zum Teil nur die Aufmerksamkeit und Vorsicht des einzelnen Schutz gewähren; der Arbeiter muß die Dauer der Arbeit und den Grad der Anstrengung seiner individuellen Leistungsfähigkeit anzupassen suchen. Einige Nachteile sind durch Änderung der Werkzeuge zu beseitigen; viele treten in der Neuzeit zurück dadurch, daß die Arbeit mit Hilfe von Maschinen statt mittels der Muskeln geleistet wird. So ist z. B. die Verwendung einfacher Motoren für Nähmaschinen, die Herstellung von Leisten durch Maschinen u. a. m. auch im hygienischen Interesse zu fördern.

5. Schädigung der Sinnesorgane.

Vorzugsweise ist das Auge gefährdet. Entweder führt das fortgesetzte Fixieren kleiner Gegenstände, eventuell bei ungenügender Beleuchtung, zu Myopie und deren schwereren Folgezuständen (Schreiber, Juweliere, Graveure, Blumenmacherinnen, Setzer); oder Arbeiten bei sehr mattem Licht bewirkt z. B. bei den Kohlenhauern der Steinkohlenbergwerke oft krampfhafte Zuckungen der Augenmuskeln (Nystagmus); oder blendendes Licht, grelle Wechsel zwischen Hell und Dunkel und strahlende Hitze bewirken Überreizung des Auges (Heizer, Schmiede, Schmelzofenarbeiter, Glasarbeiter); oder mechanische Insulte, reizende Gase oder Staub führen Verletzungen des Auges resp. Konjunktivitis und Blepharitis herbei (Fremdkörper bei Arbeiten an Metalldrehbänken und Holzbearbeitungsmaschinen; Steinsplitter bei Steinschlägern; Funken und Spritzer in Eisengießereien; verspritzende Säure und Dämpfe bei der Verarbeitung von Braunkohlenteer, Chlor, Salzsäure; Verätzung der Konjunktiva bei Maurern).

Zum Schutz gegen die letztgenannten Schädigungen werden Schutzbrillen verwendet, und zwar sind die betreffenden Fabrikunternehmer gesetzlich verpflichtet, ihren Arbeitern Schutzbrillen zu liefern. Sollen dieselben nur gegen gröbere Fremdkörper (Steinsplitter) schützen, so genügen Drahtbrillen, am besten lose sitzende Rahmen, die in der Höhe beider Augen über das ganze Gesicht gehen. Andernfalls benutzt man Gläser aus weißem (bei grellem Licht rauchgrauem) Glas in vorspringender Fassung, die auf eine dicht anschließende Lederbinde aufgenäht sind. Gläser aus Glimmer sollen gegen strahlende Hitze

besseren Schutz gewähren; das Material ist jedoch zu ungleichmäßig und erschwert das deutliche Sehen.

Übrigens werden alle Schutzbrillen von den Arbeitern ungern getragen, weil die Gläser leicht durch Beschlagen und Staub trübe werden und das Sehvermögen immer etwas beschränken. Die Stroofsche Brille, bei welcher zwischen Glas und Fassung Schlitze und in der Fassung selbst noch Öffnungen angebracht sind, soll von Kondenswasser frei bleiben. Neuere Konstruktionen sind von Wendschuch (Dresden), Weiss (Zelluloidbrille mit Luftzuführung) u. a. hergestellt. — Die Schutzmaßregeln gegen die übrigen Schädigungen des Auges müssen wesentlich dem einzelnen überlassen bleiben; bei Myopie und beginnender Sehschwäche ist die sorgfältige Beachtung der ersten Symptome und baldige Änderung der Beschäftigung angezeigt.

Seltener wird das Gehörorgan durch das anhaltende betäubende Geräusch der Eisenindustrie, namentlich in Hammerwerken und Schmieden affiziert. — Über Gehörstörungen bei Arbeiten in komprimierter Luft s. S. 25.

6. Gesteigerter Luftdruck.

Arbeiten in komprimierter Luft haben die Taucher in der Taucherglocke zu leisten, in welcher durch kontinuierliche Zuleitung komprimierter Luft das Wasser verdrängt wird. In größtem Umfang werden Arbeiten unter ähnlichen Verhältnissen ausgeführt bei der Fundierung von Brückenpfeilern, beim Schleusenbau, auch beim Tunnel- und Brunnenbau. Aus den wasserführenden Bodenschichten wird das Wasser dadurch verdrängt, daß ein unten offener Hohlzylinder (Caisson) in den Boden eingesenkt und daß nun durch verdichtete Luft das Wasser zurückgedrängt und der Raum im Hohlzylinder so lange wasserfrei erhalten wird, wie die Arbeiten dauern. Je nach der zu überwindenden Wassersäule ist der anzuwendende Druck verschieden und beträgt nicht selten bis zwei Atmosphären und mehr. — Bei den in diesen Caissons beschäftigten Arbeitern treten die S. 25 geschilderen, durch die Drucksteigerung bedingten Symptome sehr ausgeprägt hervor; jedoch sind dieselben meist nicht bedenklich und wenig belästigend. Ferner steigt die Temperatur erheblich, bis 30, ja 40°, und die CO_2 sammelt sich stark an, so daß unter Umständen Absorption durch Kalk erfolgen muß. Der Einstieg in die Caissons muß langsam erfolgen, auf 4 Minuten soll höchstens ein Anstieg um 1 Atm. entfallen. Nur jugendliche, magere Personen sind zu der Arbeit zuzulassen. Nach der Verordnung vom 28. 6. 1920 darf die Arbeitszeit 6 Stunden betragen, wenn der Überdruck unter 2,5 Kilo pro Quadratzentimeter beträgt; 4 Stunden, wenn er unter 3,5 Kilo, und 2 Stunden, wenn er mehr als 3,5 Kilo beträgt. — Mit ganz besonder Vorsicht muß aber vor allem der Übergang aus der komprimierten Luft in solche von gewöhnlichem Druck erfolgen; bei dieser „Dekom-

pression" soll der Abfall um 1 Atm. sich im Mittel in 15—20 Min. vollziehen bzw. in der ersten Hälfte innerhalb 8, in der zweiten Hälfte innerhalb 30 Minuten. Geschieht dies nicht, so kommt es zur Entladung von gasförmigem Stickstoff, der in der komprimierten Luft in größerer Menge von Blut und Gewebsflüssigkeiten aufgenommen wurde. Da Fette und Lipoide 6mal soviel N absorbieren wie Blut, so betrifft die lokale Gasentwickelung beim Entschleusen besonders die Gewebsspalten des Fettgewebes, ferner das Rückenmark (daher Menièresche Erscheinungen und Lähmungen); auch in den Gelenkflüssigkeiten treten Gasblasen auf, und Luftembolien im kleinen Kreislauf bewirken plötzliche Todesfälle. — Die staffelförmige Dekompression wird dadurch erreicht, daß am oberen Ende des Caissons eine Luftschleuse angebracht ist, die den plötzlichen Ein- und Austritt verhindert.

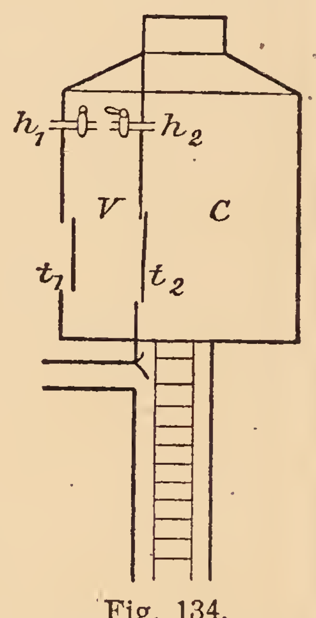


Fig. 134. Caisson-Schleuse.

Die Arbeiter gelangen beim Einfahren zunächst in die Vorkammer V (Fig. 134). Die von da in den Caisson führende Tür t_2 läßt sich aber vorläufig nicht öffnen, weil die Tür durch die innen befindliche komprimierte Luft fest angedrückt wird. Erst nachdem die Arbeiter durch den Hahn h_2 Druckluft allmählich in die Vorkammer eingelassen haben, so daß schließlich der Druck in dieser der gleiche wie im Caisson ist, läßt sich die Tür t_2 öffnen und die Arbeiter können absteigen. Gleichzeitig wird nun aber die von der Vorkammer nach außen führende Tür t_1 fest von innen angepreßt. Kommen unter diesen Umständen die ausfahrenden Arbeiter in die unter Überdruck stehende Vorkammer, so können sie die Außentür nicht öffnen. Sie müssen erst durch den Hahn h_1 die verdichtete Luft der Vorkammer allmählich ausströmen lassen, und erst wenn dadurch der Druck dem der Außenluft ungefähr gleich geworden ist, ist es ihnen möglich, den Raum zu verlassen. — Die Vorkammer, in der sich unter Umständen mehrere Menschen längere Zeit aufhalten müssen, darf nicht zu klein sein, da sonst Erstickungsgefahr eintreten kann. — Da das beste Heilmittel gegen die Schädigungen durch Gasaustritt ins Blut im Wiedereinschleusen besteht, sollte bei größeren Arbeiten in unmittelbarer Nähe der Arbeitsstelle eine „Sanitätsschleuse" mit Ruhelager vorhanden sein.

Zum Schutz der Preßluftarbeiter ist am 28. 6. 20 eine ausführliche Verordnung des Arbeitsministers erlassen. Diese enthält Vorschriften. 1. über die Anzeigepflicht, die für alle diejenigen besteht, welche Preßluftarbeiten bei mehr als 0,5 kg/qcm Überdruck ausführen lassen wollen. 2. über die Betriebseinrichtungen, die Aufenthalts-, Umkleide- usw. Räume. 3. über die ärztliche Überwachung. 4. über die Arbeitszeit. 5. über das Ein- und Ausschleusen. — Die dauernde ärztliche Überwachung soll durch einen Arzt erfolgen, der sich zur Befolgung einer der Verordnung beigefügten „Dienstanweisung" verpflichtet hat. Unter anderem hat der Arzt mindestens einmal wöchentlich sich auf der Arbeitsstelle einzufinden, und mindestens einmal monatlich sich einschleusen zu

lassen und die Schutzeinrichtungen in den Arbeitsräumen zu kontrollieren. Näheres s. im Originale.

7. Exzessive Temperaturen.

Hohe Temperaturen kommen bei zahlreichen Gewerbebetrieben vor; oft in Form der strahlenden Wärme (z. B. bei Heizern, Schmelzofen- und Glasarbeitern, Gießern, Schmieden, Bäckern), die jedoch verhältnismäßig gut ertragen wird, da bei diesen Betrieben eine sehr reichliche Luftzufuhr die Wärmeabgabe erleichtert. Nur kommt eine Neigung der fortwährend stark schwitzenden und erhitzten Haut zu Hauterkrankungen (Ekzem, Lichen) zustande; ferner disponiert die reichliche Getränkaufnahme zu Verdauungsstörungen. — Weit nachteiliger auf das Allgemeinbefinden wirkt der Aufenthalt in einem Arbeitsraum, dessen Luft eine Temperatur von 25—30 ° und darüber zeigt und daneben noch eine hohe Luftfeuchtigkeit. Beispielsweise kommen Wärmegrade vor in tiefen Bergwerken und bei Tunnelbauten, wo die resultierende Wärmestauung oft die Arbeiten aufs äußerste erschwert, und wo reichliche maschinelle Lüftung am besten Abhilfe gewährt; ferner in Färbe-, Dekatier- und Appreturwerkstätten, Kammwoll-, Baumwoll- und Flachsspinnereien und Webereien, in den Drehersälen der Porzellanfabriken u. a. m. Bei den genannten Gewerben ist durch Größe der Arbeitsräume, reichlichste Ventilation, eventuell Einführung elektrischer Beleuchtung an Stelle der Gasbeleuchtung und insbesondere durch Umhüllung der Dampfleitungen mit Wärmeschutzmitteln (Schlackenwolle, Kieselgur usw.), resp. durch Ummantelung der Öfen nach Möglichkeit Abhilfe zu schaffen. In manchen Fabriken sind indes solche Schutzmittel nur in sehr beschränktem Maße anwendbar, weil für die betreffende Technik hohe Temperaturen und hohe Feuchtigkeitsgrade erforderlich sind; z. B. geht das Verspinnen nur in Arbeitsräumen mit warmer feuchter Luft gut vonstatten — Über Schutz gegen Verbrennungen s. S. 279. — Auch gegen zu plötzlichen Übergang aus hohen in niedere Temperaturen sollten die Arbeiter nach Möglichkeit geschützt werden.

7. Einatmung von Staub.

Bei vielen Gewerbebetrieben sind die Arbeiter einer steten Staubinhalation ausgesetzt, und als Folge derselben beobachtet man massenhafte Einlagerungen der Staubteilchen in die Schleimhäute, in die Lymphbahnen des Lungenparenchyms und in die Bronchialdrüsen. Die Symptome, die dadurch vorzugsweise veranlaßt werden, sind die des chronischen Bronchialkatarrhs und in der Folge oft des Lungenemphysems oder der interstitiellen Pneumonie, oder nach erfolgter Aufnahme von

Tuberkelbazillen der Lungentuberkulose, die oft rasch zum Tode führt. Da in den verschiedensten Betrieben die Gelegenheit zur Aufnahme von Tuberkelbazillen reichlich gegeben ist, liefert die Einatmung verletzender Staubsorten eine der gefährlichsten disponierenden Ursachen für die Entstehung der Phthise (vgl. die Zahlen der Tabelle auf S. 492, vierte und vorletzte Kol.).

Hesse hat die Menge des von einem Arbeiter in 10 Stunden eingeatmeten (allerdings nur zum kleinen Teil in die Lungen gelangenden) Staubes bestimmt:

in einer Roßhaarspinnerei zu	0,05 g
„ „ Kunstwollefabrik	0,1 „
„ „ Mühle	0,13 „
„ „ Schnupftabakfabrik	0,36 „
„ „ Zementfabrik	0,1 „

Die Einlagerung von Kohlenstaub in die Lungen ruft die Anthrakosis hervor, die zwar nicht selten chronischen Kartarrh und Emphysem veranlaßt, aber selten mit Phthisis kompliziert ist. Vor allem sind die Bergleute der Kohlengruben exponiert; in geringerem Grade Köhler, Kohlenhändler und Kohlenträger, Heizer. Ferner wird Kohle in Form von Ruß aufgenommen von Schornsteinfegern, Bergleuten und zahlreichsten Bewohnern von Industriegegenden und großen Städten (s. S. 94); in Form von Graphit von Gießern, Formern und Bleistiftarbeitern.

Feinste Teilchen von Eisen, Eisenoxyd und Eisenoxyduloxyd rufen die Siderosis pulmonum hervor; Kupferteilchen wirken vermutlich ähnlich. Als Folge der eingelagerten Partikelchen entstehen zirrhotische Knoten und eine lobuläre, interstitielle indurierende Pneumonie. Schmiede und Schlosser, ebenso Kupferschmiede, Klempner, Uhrmacher usw. kommen zwar mit Eisen- bzw. Kupferteilchen in Berührung, doch sind die letzteren nicht fein genug, um in größerer Menge in die Lungen aufgenommen zu werden. Am meisten sind aus dieser Kategorie noch die Feilenhauer exponiert. Dagegen entstehen enorme Massen von feinstem Eisenoxydstaub bei der Benutzung des sog. roten Smirgels (Englisch Rot), der als Poliermittel für Stahl und Spiegel dient; ferner kommt beim trockenen Schleifen der Eisen- und Stahlwaren ein aus Eisen und Steinteilchen gemischter Staub zur Wirkung.

In dem sehr gefährlichen Schleifstaub sind das Wesentliche die steinigen Partikelchen, welche im ganzen ähnliche Erscheinungen hervorrrufen wie der metallische Staub. Der Schleifstaub bildet sich nur beim Schleifen von Näh-, Strick- und Stecknadeln, die trocken geschliffen werden, während das Schleifen größerer Objekte unter Befeuchtung erfolgt. — Von sonstigem mineralischen Staub gilt als besonders

gefährlich der harte, spitzige *Quarz*staub, dem die Arbeiter in den Stampfwerken der Glasfabriken und die Mühlsteinhauer exponiert sind. Beim *Glas*schleifen wird das Schleifpulver (Feuerstein oder Englisch Rot) gewöhnlich mit Wasser angefeuchtet, nur bei einigen seltenen Schliffarten werden die Arbeiter durch trockenen Staub gefährdet. *Ton*staub wird von Ultramarin-, Porzellanarbeitern, Töpfern und Specksteinarbeitern, *Kalk*staub in Form von Ätzkalk von den Arbeitern der Kalköfen beim Ausnehmen des gebrannten Kalks eingeatmet; in Form von kohlensaurem Kalk von den Perlmutterdrechslern. Sehr viel Staub entwickelt sich bei der *Zement*fabrikation, wo Kreide oder Kalk, Ton und Sand in sehr feingemahlenem Zustand gemengt werden. *Gips*staub belästigt hauptsächlich die Stuckarbeiter beim Abschleifen des Stucks mit Bimsstein. Besonders große Mengen feinsten gefährlichen Staubes liefert die *Thomasschlacken*-industrie (viele Pneumonien).

Unter den *organischen* Staubarten führt der *Tabak*staub, der sich beim Rapieren (Zerkleinern mit Wiegemessern), Sortieren, Sieben und Packen des Tabaks in großer Menge entwickelt, zuweilen — aber selten — zu Ablagerungen in den Lungen. Die überwiegende Mehrzahl der Arbeiter merkt auch bei langdauerndem Aufenthalt in Tabakstaub, so lange die Gelegenheit zur Aufnahme von TB fehlt, keine Schädigung der Gesundheit. — Enorme Massen von Staub treten in *Baumwoll*- und *Woll*spinnereien auf.

*Baumwoll*staub entwickelt sich zunächst, wenn die rohe Baumwolle im Reißwolf zerrissen und gelockert wird, ferner wenn die gereinigte Baumwolle in den Krempel- und Kratzmaschinen durch spitze Kupferdrähte (Karden) in parallele Lage gebracht und zum Spinnen vorbereitet wird. Insbesondere beim Reinigen der Karden von den daran haften gebliebenen Fasern erheben sich mächtige Wolken leichten Staubes.

*Woll*staub tritt zunächst schon beim Sortieren und Klopfen der Vliese auf, dann beim Wolfen und Krempeln der Wolle sowie beim Scheren des Tuches. Besonders reichlich ist der Staub in der *Kunstwoll*industrie, wo Wollumpen im Reißwolf zerrissen werden.

Dem Staub von *tierischen Haaren* sind Bürstenbinder beim sog. Kämmen der Borsten, ferner Tapezierer, Sattler, Kürschner ausgesetzt; in weit höherem Grade aber die Arbeiter, welche bei der Fabrikation von *Hüten* aus Hasen-, Kaninchen- und Biberhaar beschäftigt sind, und speziell diejenigen, welche das Schneiden der Haare (Kürzen der Borstenhaare, bis sie mit dem Flaumhaar gleiche Länge haben) besorgen.

Vielfach werden die Felle vor dem Enthaaren mit Scheidewasser und metallischem Quecksilber behandelt, so daß Merkuronitrat sich bildet, dann getrocknet

und nachher geklopft und gebürstet. Dabei kann ein durch Beimengung jenes Quecksilbersalzes besonders gefährlicher Staub sich entwickeln.

Bei der Bearbeitung der Bettfedern, ferner bei der Bearbeitung des Holzes (in Faß- und Bleistiftfabriken), in den Hadernsälen der Papierfabriken und in Fabriken von Zuckerwaren kommt es gleichfalls zu belästigendem Staub.

Auch die organischen Staubarten beeinträchtigen die normale Aufnahme von Atemluft und bewirken eine fortgesetzte Reizung der Respirationsschleimhaut, Neigung zu chronischen Katarrhen und damit häufig Invasionspforten für Kontagien, an denen es in den betreffenden Arbeitsräumen nicht zu fehlen pflegt; sie stehen aber an bösartigen Wirkungen hinter den vorgenannten mineralischen Staubarten erheblich zurück. Der Zuckerstaub soll im Munde der Arbeiter zu Milchsäurebildung und Zahnkaries Anlaß geben.

Über giftigen Staub siehe unten.

Die Schutzmittel gegen die Staubinhalation bestehen erstens in der Hinderung der Staubentwicklung; zweitens in der sofortigen Entfernung des einmal gebildeten Staubes durch Absaugen; drittens in Respiratoren, welche die Arbeiter in der staubhaltigen Luft anlegen.

Um die Staubproduktion zu hindern, kann versucht werden, das Material anzufeuchten (z. B. in Bergwerken) oder die Zerkleinerung unter Wasser vorzunehmen. Aus technischen Gründen kann jedoch selten von diesem Mittel Gebrauch gemacht werden. — Dagegen hat sich die Zerkleinerung steiniger, staubliefernder Massen in ganz geschlossenen Behältern, sog. Kugelmühlen, z. B. in Pochwerken, gut bewährt.

Am häufigsten wird die Entfernung des gebildeten Staubes versucht durch kräftige Luftströme. Die Anwendung derselben soll aber nicht in Form eines den ganzen Arbeitsraum ventilierenden Stromes erfolgen, der entfernt von der Stelle der Staubproduktion ein- und austritt. Im Kap. „Wohnung“ wurde bereits betont, daß eine solche Ventilation zur Beseitigung von Staub unzureichend ist; soll sie ausgiebig wirken, so müßte eine so kräftige Luftbewegung vorhanden sein, daß ein Aufenthalt in dem betreffenden Raum kaum zu ertragen wäre, und trotzdem würde der Effekt ungenügend ausfallen. Der Luftstrom muß vielmehr seine größte Geschwindigkeit dort enwickeln, wo der Staub entsteht, d. h. die Abströmungsöffnung muß in unmittelbarster Nähe der Arbeitsplätze usw. liegen, so daß es zum Absaugen des Staubes kommt, ehe derselbe sich im Raum verbreitet hat.

Diesen Anforderungen entsprechen die Exhaustoren, Rohre, in welchen mittels kräftigen Motors ein starker aspirierender Luftstrom erzeugt wird und

deren trichterförmige Einströmungsöffnungen über oder noch besser unter den einzelnen Arbeitsplätzen angebracht sind bzw. zeitweise in unmittelbare Nähe der stäubenden Objekte geführt werden können. Die Exhaustoren werden mit gutem Erfolge benutzt z. B. zum Absaugen des Baumwollstaubes im Reißwolf, sowie beim Reinigen der Karden; ferner zum Absaugen des bei der Hutabreiberei entstehenden Staubes, des Schleifstaubes in Nadel- und in Hornkammfabriken, des Mühlenstaubes usw.

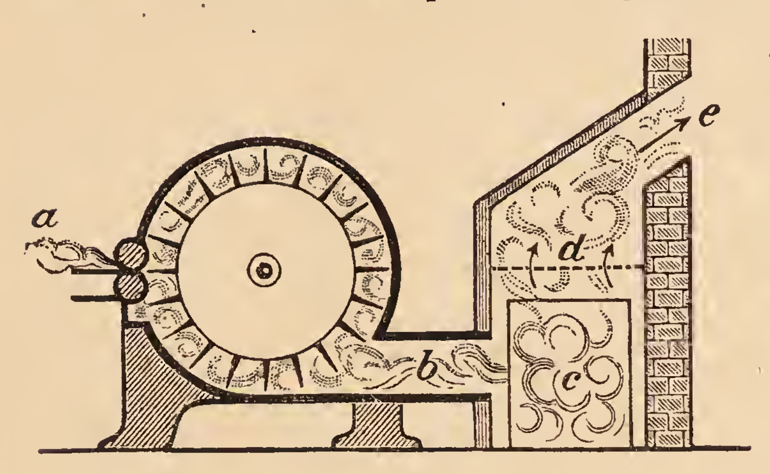


Fig. 135. Reißwolf mit Staubabsaugung.

Der Reißwolf wird mit einem dicht schließenden Gehäuse umgeben, das durch den Kanal b (Fig. 135) mit einer Vorkammer in Verbindung steht; aus dieser wird durch die Öffnung e mittels kräftigen Aspirators die Luft fortwährend abgesogen. Die bei a eintretende Baumwolle sammelt sich nach dem Passieren des Wolfs bei c und wird dort durch eine Tür von Zeit zu Zeit herausgenommen; der abgerissene lockere Staub aber wird bei d durch ein weitmaschiges Filter gerissen, gelangt in den Exhaustor und von da ins Freie.

Sollen die Karden gereinigt werden, so wird zunächst eine Verbindung zwischen der Reinigungsstelle und einem Rohre (a in Fig. 136) hergestellt, das über sämtlichen Krempelmaschinen herläuft und zu einem mit Maschinenkraft betriebenen Ventilator führt. Dieses Rohr trägt mehrere Stutzen (b), die für gewöhnlich verschlossen sind; soll die Reinigung beginnen, so wird das Gehäuse, welches die Karden bedeckt (d), zurückgeklappt und in den Stutzen ein Trichter c eingesetzt, dessen Öffnung bis nahe auf die Karden reicht. Werden nunmehr die Baumwollreste mit Bürsten u. dgl. von den Karden gelöst, so werden sie vollständig in den Exhaustor abgeführt.

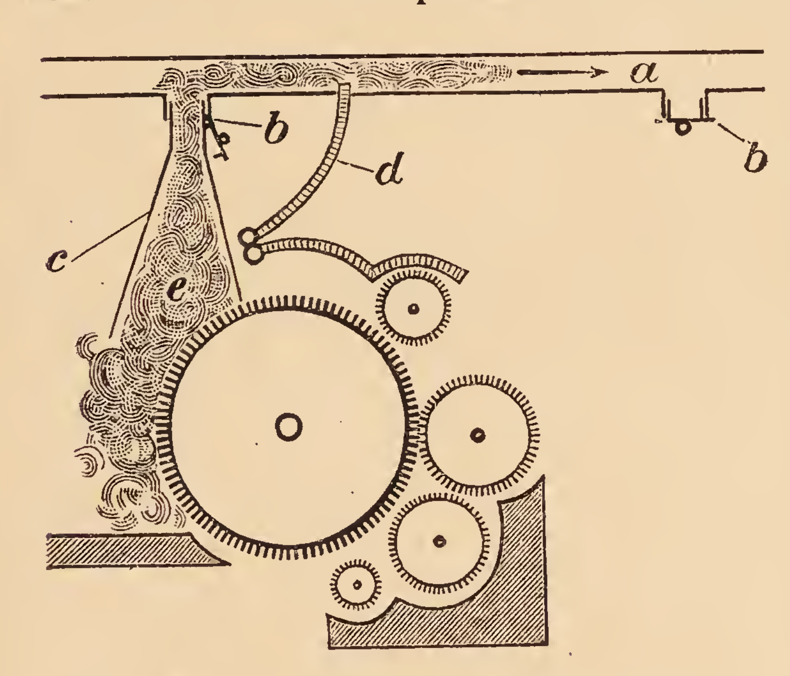


Fig. 136. Staubabsaugung bei der Reinigung der Karden.

Vielfach finden auch Respiratoren Anwendung; dieselben bestehen aus feinmaschigen, porösen Stoffen, welche den Staub abfiltrieren, die Luft aber passieren lassen sollen. Sie sind vielfach insuffizient und alle sind störend durch Behinderung der Wärmeabgabe und Atmung (CO_2-anhäufung), so daß sie von den Arbeitern ungern benutzt werden.

Entweder werden nur feine Drahtgewebe verwendet oder solche mit Einlagen von Watte bzw. Wollstoff, die angefeuchtet werden sollen. Wählt man

die Poren sehr eng, so wird die Atmung zu sehr erschwert, insbesondere wenn bereits Staubteilchen in das Filter eingelagert sind. Weitere Poren gewähren dagegen nicht genügende Zurückhaltung des Staubes. Masken aus feinem Battist, der von einem die Stirn umschließenden Bande herabhängt und in weitem Abstand das Gesicht umhüllt (Kobraksche Maske)), halten 90% des feinsten Staubes zurück. Immerhin sind auch diese Respiratoren nur geeignet zur vorübergehenden Benutzung in einer Luft, welche starke Staubmassen oder gar giftigen Staub enthält. — Eine besondere Form stellen die Masken aus dichtem Stoff dar, welche den ganzen Kopf bedecken und eine Zufuhr von frischer, reiner Luft durch Schläuche erhalten; oder bei welchen Apparate mit Natronfüllung zur Absorption der CO_2 und mit komprimiertem Sauerstoff eingeschaltet sind Draeger-Apparate der Draegerwerke in Lübeck); sie werden hauptsächlich gegen giftige Gase verwendet.

8. Die Einatmung giftiger Gase.

Abgesehen von den belästigenden Gasen, welche durch die Ansammlung von Menschen und durch die Beleuchtung geliefert werden, kommt es bei manchen Gewerben zu einer Produktion teils irrespirabler, teils toxischer Gase, welche oft schon in sehr kleinen Mengen gesundheitsschädigend wirken. Die wichtigsten derselben sind: Chlor, salpetrige Säure und die meist gleichzeitig auftretenden anderen Oxydationsstufen des Stickstoffs (nitrose Gase), Salzsäure, schweflige Säure; seltener kommen Kohlensäure, Kohlenoxydgas, Schwefelwasserstoff und Schwefelkohlenstoff in Betracht, bei „schnelltrocknenden" Farben auch deren Lösungsmittel, Benzin, Benzol usw.

	Konzentrationen, die rasch gefährliche Erkrankungen bedingen	Konzentrationen, die nach 1/2—1 Stunde ohne schwerere Störungen zu ertragen sind	Konzentrationen, die bei mehrstündiger Einwirkung nur minimale Symptome bedingen
Salpetrige Säure	0,6—1,0‰	0,2—0,4‰	0,2‰
Salzsäuregas	1,5—2,0‰	0,05 bis höchstens 0,1‰	0,01‰
Schweflige Säure	0,4—0,5‰	0,05‰ od. weniger	—
Kohlensäure	9—12%	6—7%	3—4,5%
Ammoniak	2,5—4,5‰	0,3‰	0,1‰
Chlor und Brom	0,04—0,06‰	0,004‰	0,001‰
Jod	—	0,003‰	0,0005—0,005‰
Schwefelwasserstoff	0,5—0,7‰	0,2—0,3‰	—
Schwefelkohlenstoff	10—12 mg i. 1 Lit.	1,2—1,5 mg i. 1 Lit.	—
Kohlenoxyd	2—3‰	0,5—1,0‰	0,2‰
Benzol	2—3%	1%	0,5—1,0%
Anilin	—	0,5‰	0,2‰

In der vorstehenden von Lehmann aufgestellten Tabelle ist angegeben, bei welchen Konzentrationen bzw. bei welcher Dauer der Ein-

wirkung eine schädigende Einwirkung auf den Menschen zustande kommt.

Chlor kann zur Einatmung gelangen bei der Chlorkalkfabrikation und beim Schnellbleichen. Nur ein sehr kleiner Gehalt ist als unbedenklich anzusehen. Ein Gehalt von 0,005 Promille ruft bereits starke Reizung der Schleimhäute hervor und muß bei dauernder Einwirkung als unzulässig bezeichnet werden. Durch die Verwendung gut schließender Apparate und reichliche Ventilation kann jedoch die Beimengung von Chlorgas zur Luft des Arbeitsraumes in den genannten Gewerben ziemlich leicht vermieden werden. — Für kurzes Betreten eines mit Chlor erfüllten Raumes (Ausnehmen des fertigen Chlorkalks) kommt das Vorbinden von Masken in Betracht, wie sie im letzten Kriege gegen die vom Feinde entwickelten giftigen Gase (Chlor, Phosgen, sog. Reizgase usw.) benutzt sind. Diese Mund, Nase und Augen dicht umschließenden Gesichtsmasken tragen vorn eine sog. Patrone, die als Füllung 2 Schichten enthält; die eine aus feinporigem Material (Diatomit, Bimskies) von bestimmter Körnung, das mit Pottaschelösung getränkt ist, die zweite aus feinkörniger vegetabilischer Kohle. Der die Patrone tragende vordere Hohlraum muß möglichst klein bemessen werden, um die Menge der wiedereingeatmeten Ausatmungsluft niedrig zu halten. Teils infolge des trotzdem noch mehrere Prozent betragenden CO_2-gehalts der Inspirationsluft, teils infolge der Widerstände in der Patrone treten beim Tragen der Maske bei größerer Körperanstrengung Atembeschwerden auf, in der Ruhe nicht. — Auch bei einigen der im folgenden aufgeführten Gase kann zeitweises Anlegen der Masken Schutz gewähren. Oder, bei besonderer Gefahr, sind Draeger-Apparate zu verwenden (s. oben).

Salpetrige Säure (nitrose Gase) entsteht bei Herstellung der konzentrierten Salpetersäure, der Eisenbeize, der Glühstrümpfe, ferner bei der Bereitung des Nitrobencols, das in großem Maßstabe zur Darstellung der Anilinfarben Verwendung findet. In geringerem Grade entwickelt sich salpetrige Säure in den Münzen und bei der galvanischen Vergoldung; ferner z. B. beim Aufnehmen verschütteter Salpetersäure mit Sägemehl. — Ätzende Wirkung auf die Respirationsschleimhaut, meist nach auffällig langer Frist (4—6 Stunden) und Bildung von Methämoglobin; bei chronischer Einwirkung Schädigung der Zähne. Ein zu hoher Gehalt der Luft an salpetriger Säure läßt sich mit einiger Vorsicht vermeiden, wenn die bei der Darstellung der konzentrierten Salpetersäure auftretenden Dämpfe durch Kondensationstürme mit Wasserregen geführt werden; im übrigen sind so viel als möglich geschlossene Apparate zu verwenden und es ist für reichliche Ventilation zu sorgen. — In größeren Metallbeizereien hat sich die Einrichtung bewährt, daß die Arbeiter durch eine bis fast an die Decke reichende Glaswand völlig von den Salpetersäure-Bottichen getrennt sind.

Salzsäuregas ruft bei einem Gehalt von 0,5 Promille bei Versuchstieren schon deutliche Symptome von Reizung der Schleimhäute hervor. — Kleinere Mengen Salzsäuregas entstehen in der Töpferei (bei der Kochsalzglasur der Steingutwaren, s. unten), bei der Glasfabrikation und bei der Zinnsalzdarstellung. In ungeheuren Massen entweicht Salzsäure in den Sodafabriken bei dem Sulfatprozeß, durch welchen aus Kochsalz und Schwefelsäure Natriumsulfat und Salzsäure gewonnen wird. Diese wird meist durch Waschen zunächst in doppel-

halsigen mit Wasser gefüllten Flaschen (sogenannten Bonbonnes), dann in Kokstürmen, in welchen Wasser herabrieselt, zurückgehalten. — Bei ausreichender Ventilation der Arbeitsräume kommt es selten zu schädigender Einwirkung.

Schweflige Säure wirkt weniger intensiv; deutliche Giftwirkung tritt erst bei einem Gehalt von 0,5 Promille hervor. Die schweflige Säure wird der Luft des Arbeitsraumes zugemengt, z. B. in der Strohhutfabrikation beim Bleichen der Hüte, ebenso beim Bleichen von Seide, Woll- und Baumwollstoffen, von Darmsaiten usw.; ferner beim Schwefeln des Hopfens. Zeitweise kommt es zu einer sehr starken Bildung der Säure in Alaun-, Glas- und Ultramarinfabriken; ferner bei der Schwefelsäurebereitung nach dem Bleikammerverfahren. Enorme Mengen von schwefliger Säure werden oft von den Rostöfen der Hüttenwerke geliefert; doch führt dies mehr zu einer Belästigung der Anwohner und zur Schädigung der Vegetation, als zu einer Gefährdung der Arbeiter. — Die schädlichen Einwirkungen sind relativ leicht durch Ventilationseinrichtungen zu vermeiden.

Kohlensäure wirkt erst bei sehr bedeutender Anhäufung toxisch (vgl. S. 75). Derartige Konzentrationen kommen zuweilen vor in den Gärungsgewerben, in Bierbrauereien, Weingärkellern, Preßhefefabriken. Ferner werden Brunnenarbeiter in tiefen Brunnenschachten, Totengräber in Grüften, Lohgerber in Lohgruben einer Kohlensäureintoxikation ausgesetzt, jedoch nie ohne eine gewisse Fahrlässigkeit. In Bergwerken bilden sich zuweilen starke Kohlensäureansammlungen, die schließlich Intoxikation veranlassen können (matte Wetter). Hier müssen gute Ventilationsvorrichtungen Abhilfe schaffen.

Kohlenoxydgasvergiftung tritt zuweilen bei Gasarbeitern ein; häufiger können die Gichtgase der Eisenhütten, ferner die Minengase und die Geschoßexplosionsgase zu Kohlenoxydgasvergiftung führen; gelegentlich auch die Abgase von Explosionsmotoren. Auch dieser Gefahr läßt sich meistens mit einiger Sorgsamkeit begegnen. Eine Abführung der Gichtgase wird neuerdings um so energischer angestrebt, als dieselben zur Windererhitzung oder Dampfkesselheizung oder für Motoren vorteilhaft ausgenutzt werden können. Auf Kriegsschiffen scheinen sich Gasmasken bewährt zu haben.

Schwefelwasserstoff ruft schon bei einem Gehalt von 0,5—0,6 Promille gefährliche Wirkungen auf die Arbeiter hervor. Bei stärkerer Konzentration können sehr plötzlich Krämpfe, Asphyxie und der Tod eintreten. Außer bei chemischen Präparationen, z. B. gewissen Arten der Verarbeitung von Sodarückständen, kann sich Schwefelwasserstoff in Kloaken, Kanälen und durch sonstige Ansammlungen faulender Substanzen in solcher Menge entwickeln, daß toxische Wirkungen bei den Arbeitern auftreten. Die Gefahr läßt sich durch Vorsicht des einzelnen um so leichter vermeiden, als in dem intensiven Geruch des Gases ein warnendes Symptom gegeben ist.

Schwefelkohlenstoffdämpfe führen zu Intoxikationserscheinungen bei den Arbeitern von Gummifabriken (Vulkanisierung des Kautschuks). Selten tritt akut Betäubung ein; meist nach Wochen oder Jahren Kopf- und Gliederschmerzen, Ameisenkriechen, Zittern, Gehstörungen, Psychosen. — Benzoldämpfe wirken stark narkotisch. — Anilindampf ruft akut Blutzersetzung

(Methämoglobinbildung), Pupillenstarre usw. hervor; chronisch blaugraue Hautfarbe, Verminderung der Erythrozyten, nervöse Symptome.

9. Beschäftigung mit giftigem Arbeitsmaterial.

Bei der Bearbeitung von giftigem Material kann die Aufnahme des Giftes teils durch Einatmung von Staub oder Dämpfen erfolgen, teils dadurch, daß infolge von Berührungen und Hantierungen kleine Teilchen des Giftes in den Mund, auf Speisen usw. gebracht werden und so in den Verdauungstraktus gelangen; teils endlich dadurch, daß von Hautwunden und Schrunden aus eine Resorption stattfindet. Meist kommen alle drei Wege in Frage; am häufigsten scheinen die Hantierungen zu Vergiftungen Anlaß zu geben. — Die Stoffe, welche im Gewerbebetrieb hauptsächlich solche Vergiftungen veranlassen, sind: Blei, Zink, Quecksilber, Phosphor und Arsen.

Blei. Die Verwendung des Bleis zu den verschiedensten Gebrauchsgegenständen (Glasuren der Kochgeschirre, Wasserleitungsrohre, Kinderspielzeug, Farben, Kitte u. dgl.) bewirkt Gefahren sowohl für zahlreiche gewerbliche Arbeiter wie auch für das kaufende Publikum. Von den in der Bleiindustrie beschäftigten Arbeitern erkranken 1 bis 10% an chronischer Bleivergiftung, früher erheblich mehr. — In Preußen sind 1906 bis 1908 im Mittel jährlich noch 900 gewerbliche Bleivergiftungen behandelt. Davon kommen nur sechs auf Akkumulatorenfabriken; 10—20 auf Rohrleger und Installateure; etwa 20 auf Buch- und Steindrucker, ebensoviel auf Schriftsetzer; ebenfalls 20 auf Töpfer; 120 auf Hüttenarbeiter; 170 auf Bleiweißarbeiter und 280 auf Maler und Lackierer. Die drei letzteren Kategorien muß man also trotz der zahlreichen Verordnungen zur Bekämpfung der Bleivergiftung noch immer als ernstlich gefährdet ansehen.

Die Vergiftungen sind stets chronische; die Kennzeichen siehe unten in der „Dienstanweisung für Ärzte“.

In den Hütten sind die beim Rösten und Schmelzen der Erze und beim Abtreiben des Werkbleis beschäftigten Arbeiter gefährdet, da ein Teil des Bleis und Bleioxyds sich bei diesen Prozessen in Form von Dampf verflüchtigt. Die hohe Temperatur und die starke Anstrengung unterstützen das Siechtum dieser Kategorie von Arbeitern. — Die Hauptmassen der beim Verhütten entstehenden Dämpfe gelangen nach außen, Blei und Bleioxyd scheiden sich dann allmählich wieder aus und veranlassen eine Ausbreitung bleihaltigen Staubes in der ganzen Umgebung der Hütte (Flugstaub, Hüttenrauch).

Die Verarbeiter des fertigen reinen Bleis, das zur Herstellung von Pfannen, Schrot, Bleirohr, Folie usw. verwandt wird, sind relativ wenig exponiert. In etwas höherem Grade die Schriftgießer,

namentlich beim Hobeln und Schleifen der aus einer Legierung von Blei, Antimon und Zinn bestehenden Lettern; und die Schriftsetzer durch die fortwährende Berührung der Lettern, namentlich aber durch den in den Setzkästen sich sammelnden bzw. auf dem Fußboden durch das Herumtreten auf herabgefallenen Lettern entstandenen bleihaltigen Staub, allerdings nur in veralteten und schlecht geleiteten Betrieben.

Legierungen des Bleis mit Zinn werden ferner verwendet zum Löten und Verzinnen, zu Folie, die zum Einwickeln von Käse, Tabak usw. dient, und zu Mundstücken von Flaschen; weite Kreise des Publikums werden durch den Bleigehalt dieser Gebrauchsgegenstände gefährdet. Besonders bedenklich ist die Benutzung von Schrot zum Flaschenspülen, da derselbe unter Zusatz von ca. 0,5 % arseniger Säure zum geschmolzenen Blei hergestellt wird.

In erheblicherem Grade tritt die Gefahr der Bleivergiftung in denjenigen Gewerben hervor, in welchen Verbindungen und namentlich Oxydationsstufen des Bleis hergestellt und verarbeitet werden.

Bleioxyd entsteht bei der Verarbeitung des Bleis auf Silber; nachdem es gemahlen, geschlemmt und gebeutelt ist, stellt es ein feines gelbes Pulver dar, das als Massikot in den Handel kommt und zur Herstellung von Bleipflaster und in der Glaserei (zur Herstellung der Glasarten von höherem Lichtbrechungsvermögen) Verwendung findet. — Das bis zur Rotglut erhitzte Bleioxyd liefert die Mennige, die durch Pulverisation und Beuteln in feinste Staubform gebracht werden muß und dann zur Herstellung von Ölkitt dient. Die Arbeiter sind bei vielen der angeführten Manipulationen dem bleihaltigen Staub sehr exponiert.

Bleioxyd findet sich ferner häufig in der Glasur der Töpferwaren. Unter den Tonwaren unterscheidet man A) dichte, die so stark erhitzt sind, daß ihre Masse halb verglast ist, und die daher auch ohne Glasur undurchdringlich für Wasser sind. Dahin gehört 1. das echte Porzellan, an dünnen Stellen durchscheinend, mit stets bleifreier Glasur; 2. Steinzeug, nicht durchscheinend. Das feine weiße, porzellanähnliche enthält in der Glasur Bleioxyd und Borax. Das gemeine graubraune oder blaue Steinzeug, das z. B. zu Mineralwasserkruken, Steintöpfen usw. verarbeitet wird (Koblenzer Geschirr), enthält dagegen Kochsalzglasur, die stets bleifrei ist. Dieselbe wird so hergestellt, daß gegen Ende des Brennens ClNa eingeworfen wird; dieses wird durch die Kieselsäure des Tons und Wasser zersetzt, so daß sich HCl bildet, die entweicht und andererseits Natrium-Aluminiumsilikat, das die Glasur darstellt.

In eine zweite Abteilung B) gehören die porösen Tonwaren, bei denen die Masse nicht verglast ist, so daß sie ohne einen Glasüberzug Wasser durchlassen. Porös sind z. B. die Fayencewaren, mit meist blei- oder zinnhaltiger Glasur; ferner die gemeine Töpferware (gewöhnliches irdenes Kochgeschirr, Bunzlauer Geschirr). Hier ist die Glasur stets bleihaltig. Sie wird dadurch erzeugt, daß das Geschirr mit feingemahlenem PbS bestäubt wird; es entweicht dann SO_2 und das entstandene PbO bildet mit Kieselsäure und Tonerde ein Blei-Aluminiumsilikat. Dieses die Glasur liefernde Silikat hält sich gegenüber ver-

dünnten Säuren unverändert und läßt in diese kein Blei übergehen. Ist aber das Brennen mangelhaft gewesen oder war ein Überschuß von PbS zugesetzt, so enthält die Glasur PbO, und dieses wird z. B. von Essig gelöst. Bei manchen Tonen findet auch nach normalen Brennen eine geringe Pb-abgabe an Essig statt, es ist daher eine geringe Abgabe von Pb, in solcher Menge, daß sie sicher keine Gesundheitsschädigung hervorruft, als zulässig anzusehen.

Emaillierte Eisenwaren enthielten früher wohl bleihaltige Glasur, jetzt enthalten dieselben durchgehends nur Zinnoxyd mit Spuren von Blei. Bei stärkerem Bleigehalt wird Blei an Essig abgegeben.

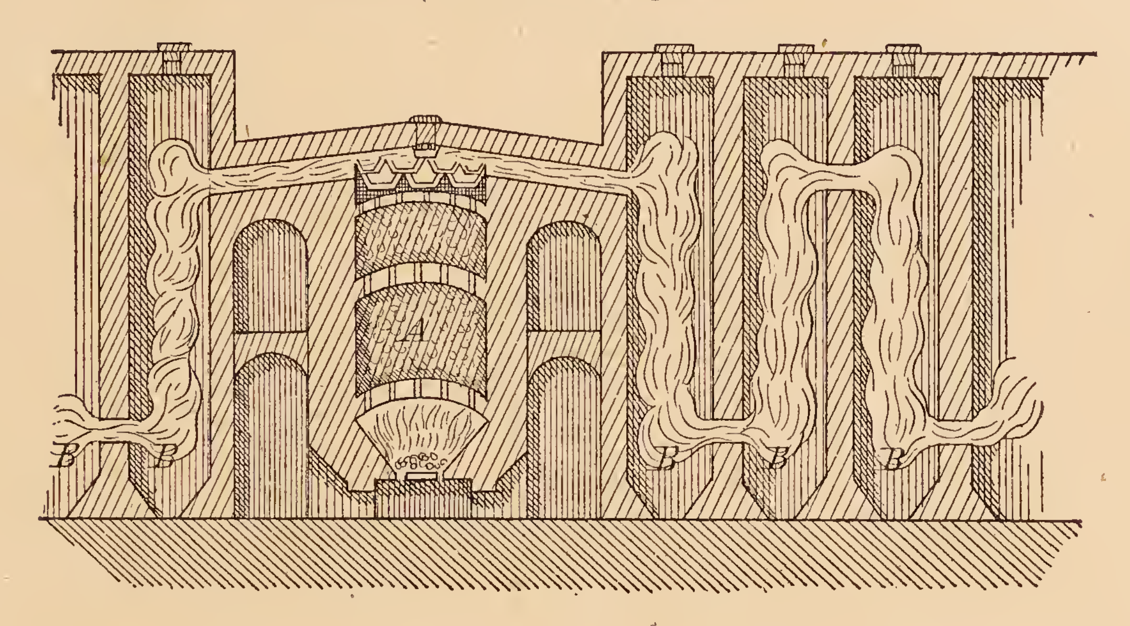


Fig. 137. Röstofen)A) mit Flugstaubkammern (B).

Einen erheblichen Teil der gewerblichen Bleivergiftungen liefern die Fabriken von Bleiweiß [basisches Bleikarbonat, $(PbCO_3)_2 + Pb(OH)_2$]. Beim Ausnehmen des durch Einwirkung von Essig- und Kohlensäure auf Bleiplatten hergestellten Bleiweißes aus den dazu dienenden Kammern, weniger bei der Verwendung von Bottichen mit Bleiazetat, in die CO_2 eingeleitet wird, atmen die Arbeiter unter Umständen große Mengen Bleiweißstaub ein und verunreinigen sich in hohem Grade Kleidung und Haut; ferner kommen beim Schlemmen des Präparats die Hände mit gelöstem Bleiazetat in Berührung. Beim Mahlen und Verpacken des trockenen Präparates wird wiederum massenhafter Staub aufgewirbelt.

Das fertige Bleiweiß wird hauptsächlich verwendet von Malern; es liefert mit Öl verrieben die beliebteste weiße Farbe; Lackierer benutzen es bei der Herstellung von Lackfarben, ferner wird es bei der Fabrikation von Abziehbildern, in Wachstuchfabriken, in Strohhutfabriken usw. gebraucht.

Die Schutzmaßregeln gegen die Gefahren der Bleivergiftung bestehen beim Verhüttungsprozeß vor allem in einer Abführung der Bleidämpfe in lange Kondensationskanäle, bzw. Kammern, die schließlich in eine hohe Esse ausmünden. An den Wandungen der

Kanäle setzt sich in großer Menge der sogenannte Flugstaub ab, der später weiterverarbeitet wird. Durch derartige Einrichtungen läßt sich ein fast vollständiger Schutz der Hüttenarbeiter erzielen. — Das Ausnehmen des Flugstaubes darf nur nach vollständigem Erkalten der Kammern und eventuell unter Anlegen von Respiratoren geschehen.

In der Bleiweißfabrikation ist zunächst das Ausnehmen des fertigen Bleiweißes und das Abtrennen desselben von dem noch unzersetzten Blei dadurch gefahrlos zu machen, daß die Kammern mit einem Exhaustor oder einem Wasserzerstäuber versehen werden. Oder die Arbeiter tragen Kopf und Hals umgreifende Respiratoren (s. oben); beim

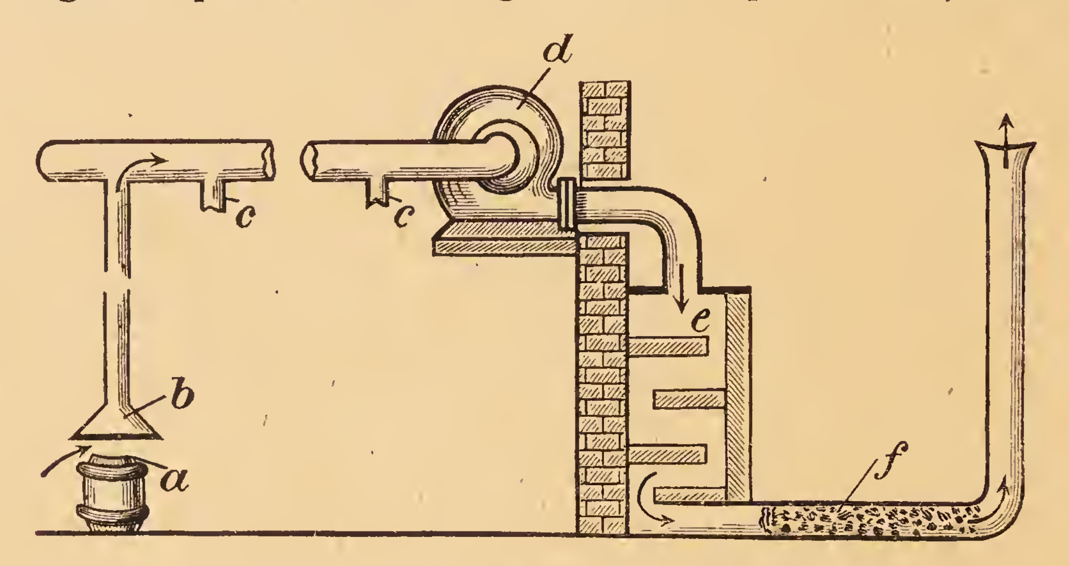


Fig. 138. Absaugung des Bleiweißstaubes.

Schlemmen erhalten die Arbeiter lange, kalblederne Däumlingshandschuhe und müssen die Hände mit Schmalz einreiben. — Das Pulverisieren des Bleiweißes (und der Mennige) kann in völlig geschlossenen Behältern geschehen. Das Stauben beim Einpacken kann dadurch unschädlich gemacht werden, daß über jeder Packstelle ein Exhaustor in Tätigkeit ist in der Weise, wie es schematisch in Fig. 138 dargestellt ist. Packraum (und Pulverisiermühle) sind durch die Saugröhren c, die mit trichterförmigen Ansätzen (b) versehen werden können, mit dem Exhaustor d verbunden. Dieser treibt die staubhaltige Luft in die Zisterne e, wo die Luft zu einem Zickzacklauf gezwungen wird, dann in ein mit Koksstücken gefülltes Eisenrohr f und von da ins Freie. — Auch das Anreiben des Bleiweißes mit Öl läßt sich in geschlossenen Gefäßen vornehmen; und die Maler sollten möglichst nur fertig angeriebene Farbe benutzen.

In den übrigen Gewerben sind allgemeine Vorsichtsmaßregeln ausreichend (die übrigens auch in den Bleiweißfabriken trotz der vorbesprochenen Schutzvorkehrungen wohl zu beachten sind), und diese bestehen vor allem in peinlicher Sauberkeit. Namentlich sollen die Hände ohne gründliche Reinigung nicht mit dem Munde oder mit Speisen in Berührung gebracht werden. Letztere sollen auch der Luft der Arbeits-

räume nicht ausgesetzt werden. Wascheinrichtungen und Bäder, sowie besondere Speiseräume sind daher unbedingt in jeder Fabrik vorzusehen. Arbeitskleider sind bereitzustellen und häufig zu wechseln. — Gute Erfahrungen sind gemacht mit einem wiederholten zeitweisen Ausscheiden der zu den gefährlichen Beschäftigungen benutzten Arbeiter, da erfahrungsgemäß nur eine länger dauernde Aufnahme von Blei Schaden zu bringen pflegt. — Sehr wichtig ist die häufige ärztliche Untersuchung der exponierten und frühe Ausscheidung der erkrankten Arbeiter.

Hierüber bestimmt die Bekanntmachung des Reichsarbeitsministers vom 27. 1. 1920 im wesentlichen folgendes:

Der Arzt hat jeden Arbeiter vor der Einstellung in den gefährdenden Betrieb auf seine Eignung zu untersuchen. Weibliche Personen und Männer unter 18 Jahren sind auszuschließen. Ungeeignet sind solche, welche bereits eine ernste Bleierkrankung durchgemacht haben oder welche noch Erscheinungen der Bleikrankheit, auch leichten Grades, zeigen; ferner schwächliche Personen und solche mit Lungentuberkulose, Gefäß- oder Nierenerkrankung, Syphilis, sowie Trinker.

In gefährdenden Betrieben hat der Arzt mindestens einmal vierteljährlich, nach Bedarf öfter, die Arbeiter im Betrieb aufzusuchen und die verdächtigen zu untersuchen. Als Anzeichen einer bestehenden oder drohenden Bleivergiftung kommen in Betracht: grauschwärzlicher Bleisaum an den Zähnen, gelb-graue, blasse Gesichtsfarbe, blaßgraue Verfärbung der Schleimhäute, Abmagerung; Verstopfung und harter eingezogener Leib, Kolikanfälle; Bleilähmungen (namentlich am N. radialis, seltener ulnaris, facialis), Zittern, Anästhesien; Blutdrucksteigerung, chronische Nierenentzündung; Encephalopathia saturnina.

Besonders wichtig ist die Feststellung von 4 objektiven Symptomen:

1. Hämoglobingehalt des Blutes; Herabsetzung auf 80 % der Norm nach der Tallquistschen Skala gilt als Zeichen der Anämie.

2. Granulierte Erythrozyten. Ein dünner Ausstrich eines Bluttropfens wird in absol. Alkohol 10—15 Min. fixiert, dann 30 Sek. mit Azur II (Grübler) 0,05 g auf 100 aq. dest. gefärbt, kurz mit Wasser gepült. Sind basophile Körnchen vorhanden, so sind sie in den blaßgrünen Erytrozyten als feinste blauschwarze, kranzförmig gestellte oder das ganze Blutkörperchen einnehmende Pünktchen oder Splitter zu erkennen. Eine Bleiwirkung liegt vor, wenn in 50 Gesichtsfeldern zu je 200 Erythrozyten mehr als 1 Körnchenzelle gefunden wird, vorausgesetzt, daß Malaria, perniziöse Anämie, Leukämie, Krebskachexie und Nitrobenzolvergiftung sich ausschließen lassen.

3. Blutdruck. 150 mm, mit dem Apparat von Riva-Rocci gemessen, zeigt deutliche Steigerung an.

4. Hämatoporphyrin im Harn. 500 ccm Harn mit 100 ccm 10%iger Natronlauge versetzen; fallen die Phosphate rötlich bis rötlich-violett zu Boden, so ist wahrscheinlich reichlich Hämatoporphyrin vorhanden, vorausgesetzt, daß die Guajak-Blutprobe negativ ausfällt. Die Phosphate werden abfiltriert, getrocknet, in salzsaurem Alkohol gelöst, filtriert, das klare Filtrat im Spektroskop untersucht; Absorptionsstreifen im Orange und Grün = Hämatoporphyrin. Der Streifen im

Grün soll noch bei Verdünnung mit salzs. Alkohol von mehr 1 : mehr als 50 sichtbar bleiben. (Reichs-Gesetzblatt 1920 S. 109).

Gegen die Gefährdung des Publikums durch bleihaltige Gegenstände ist in Deutschland Schutz gewährt durch das Reichsgesetz von 1887. Dasselbe bestimmt: 1. Eß-, Trink- und Kochgeschirre, die aus Metallegierungen hergestellt sind, dürfen nicht mehr wie 10 % Blei enthalten. An der Innenseite müssen solche Geschirre verzinnt sein, und zwar darf das Zinn höchstens 1 % Blei enthalten. Lötstellen an der Innenseite müssen mit einer Legierung von höchstens 10 % Bleigehalt gelötet werden. Zu Bierdruckapparaten, zu Siphons für kohlensaures Wasser und zu Metallteilen an Kindersaugflaschen dürfen Legierungen von höchstens 1 % Bleigehalt verwendet werden. — Die Metallfolien, welche zur Packung von Kau-, Schnupftabak und Käse dienen, dürfen höchstens 1 % Blei enthalten. — Ferner darf für Saughütchen, Milchflaschen, Kinderspielzeug usw. kein bleihaltiger Kautschuk verwendet werden. Gummisachen, die mit Kindern in Berührung kommen, sollen aus weichem, schwarzem, auf Wasser schwimmendem Gummi bestehen oder aus rotbraunem Kautschuk (mit unlöslichem Fünffach-Schwefelantimon gefärbt) Grauer Kautschuk enthält meist Zinkoxyd, das sich im Speichel lösen kann. 2. Email und Glasur von Eß- und Kochgeschirren darf beim halbstündigem Kochen von 50 ccm 4%iger Essigsäure pro 1 Liter Gefäßinhalt höchstens eine Abgabe von 2 mg Pb an den Essig erfolgen. Die Einführung bleifreier Glasuren, z. B. aus Wasserglas und Kalziumborat, stößt bei den gewöhnlichen Töpferwaren auf große Schwierigkeiten.

Soviel als möglich ist dahin zu streben, daß die Bleipräparate durch weniger schädliche ersetzt werden, namentlich Farben, wie Bleiweiß, durch welche die Maler und Lackierer noch immer so stark gefährdet werden, durch Zinkweiß usw.

Zink. Die Zinkhüttenarbeiter leiden zuweilen an einer chronischen Form von Zinkvergiftung, der durch Ableitung der Zinkdämpfe in Flugstaubkammern und Essen begegnet werden kann. Das als Farbe und Lack viel gebrauchte Zinkweiß ist zwar weit weniger bedenklich wie das Bleiweiß; doch ist immerhin beim Pulverisieren usw. Vorsicht und Anwendung von Exhaustoren geboten. — Vergiftungserscheinungen mit malaria-ähnlichem Fieber (sog. Gießfieber) kommen bei Gießern vor, die mit Messing (Legierung von Zink und Kupfer) zu tun haben. Experimentell ist nachgewiesen, daß Einatmung von Zinkdämpfen oder anderen Schwermetalldämpfen Fieber hervorruft (Lehmann, Kisskalt).

Quecksilber. Fast nur chronische Vergiftungen (Stomatitis, Blässe, Tremor, Lähmungen usw.); die Grubenarbeiter sind wenig, die Hüttenarbeiter etwas mehr exponiert. Gewerbliche Quecksilbervergiftungen kamen früher vor durch die Spiegelfabrikation, bei welcher das Quecksilber auf der Zinnfolie mittels Tupfbäuschchen andauernd verrieben werden mußte. Es kam hierbei

zur Verunreinigung der Luft mit Quecksilberdampf, hauptsächlich aber verbreitete sich das Quecksilberamalgam durch Verschleudern als Staub im ganzen Raume. Die Vergiftung der Arbeiter scheint vorzugsweise durch Einatmung, nebenbei durch Verschlucken des Staubes und durch Berührungen erfolgt zu sein. — Ferner beobachtet man in der chemischen Industrie (mit 0,1—1,5 mg Hg in 1 cbm Luft der Betriebsräume); dann bei der Herstellung von Thermometern und Barometern, beim Evakuieren der Glühlampenbirnen mittels der Hg-Luftpumpe und beim Reinigen des gebrauchten Hg, ferner bei Vergoldern und Bronzearbeitern Quecksilbervergiftungen; neuerdings auch bei Verwendung des als Ersatz eingeführten Hg-Pb-lots. — Von Salzen des Quecksilbers ist das Merkuronitrat in der Hutmacherei, das Sublimat in Zeugdruckereien und in der medizinischen Praxis als Antiseptikum in Gebrauch. Die Vergiftungen mit diesen Präparaten sind jedoch bei einiger Vorsicht leicht zu vermeiden.

Als Schutzmaßregel in den Spiegelfabriken wurde früher vor allem empfohlen, die Arbeitsräume ausgiebig zu ventilieren und die Arbeiter zu Reinlichkeit, Kleiderwechsel usw. anzuhalten. In den letzten Jahren ist aber der Quecksilberbelag der Spiegel ganz durch den Silberbelag (Aufgießen einer Mischung von ammoniakalischer Silbernitratlösung mit Milchzucker und Ätznatron) verdrängt.

Phosphor. Der zur Zündholzfabrikation verwendete weiße Phosphor entwickelt in den Arbeitsräumen giftige Dämpfe, namentlich beim Bereiten der Zündmasse (Phosphor wird in siedende Gummilösung eingetragen, nach dem Erkalten werden unter Rühren oxydierende Substanzen und Färbemittel zugesetzt), sowie beim Eintauchen der Hölzer in die Zündmasse und beim Trocknen derselben. Teils durch Einatmung der Dämpfe, teils durch Berührungen entsteht die sogenannte Phosphornekrose, eine langwierige und oft erst spät entstehende Periostitis der Kiefer. Die Vergiftung wird vermeidbar durch gründliche Ventilation der betreffenden Räume; an den exponiertesten Stellen müssen Exhaustoren angebracht werden. Ferner ist strenge Reinlichkeit und regelmäßige ärztliche Kontrolle der Arbeiter wünschenswert, bei welcher alle diejenigen, welche kariöse Zähne oder Wunden im Munde haben, auszuschließen sind. Jedenfalls ist die Phosphorverarbeitung nur in Fabriken, nicht aber als Hausindustrie zu dulden. — In Deutschland (und anderen Kulturländern) sind jetzt die mit giftigem Phosphor präparierten Zündhölzer verboten und durch sog. schwedische Zündhölzer ersetzt, die mit ungiftigen Substanzen hergestellt sind (z. B. mit chlorsaurem Kali, unterschwefligsaurem Blei und Gummi; aus chlorsaurem Kali und Schwefelantimon als Zündmasse und braunem Phosphor und Schwefelantimon auf der Reibfläche).

Arsen. Bei der Verhüttung der Arsenerze sind die Arbeiter besonders gefährdet, welche das Ausnehmen der sublimierten und in den sogenannten Giftkammern wieder verdichteten arsenigen Säure bewirken; ferner diejenigen, welche das Verpacken der pulverförmigen arsenigen Säure besorgen. Hier kann akute Intoxikation (Brechdurchfall, choleraähnlich) drohen, und es ist daher die Arbeit in besonderen leinenen Anzügen, welche den Kopf einschließen und mit Glasfenstern versehen sind, zu verrichten; außerdem ist das Gegengift (Eisenoxydhydrat) stets vorrätig zu halten.

Chronischer, meist erst nach sehr langer Zeit manifest werdender Arsenvergiftung (Haarschwund, Magen- und Darmaffektionen, Hautkrankheiten, Leber-

verfettung usw.) sind die Arbeiter ausgesetzt, welche mit der arsenigen Säure oder deren Verbindungen dauernd zu hantieren haben. Dieselbe wird z. B. gebraucht als Beizmittel für Felle, zum Ausstopfen von Tieren usw.; namentlich aber zu Kupferarsenfarben (Schweinfurter Grün usw.). Mit diesen Farben haben dann wieder Blumenmacherinnen, Arbeiter in Buntpapier- und Tapetenfabriken, in Zeugfärbereien usw. zu tun. Diese gewerblichen Vergiftungen sind durch peinliche Reinlichkeit und gute Ventilation zu vermeiden und bereits stark zurückgegangen.

Chrom. Bei der chemischen Herstellung und bei der Verwendung der in der Färberei, Zeugdruckerei, Gerberei, Photographie usw. viel gebrauchten Präparate, namentlich des Kaliumbichromats, entsteht chromhaltiger Staub; außerdem kommen die Hände der Arbeiter viel mit den Chromsalzen oder deren Lösungen (Bäder für Gerbereiverfahren) in Berührung. An verletzten Hautstellen entstehen dadurch hartnäckige Geschwüre oder Akne, Ekzeme oder papilläre Wucherungen (die aber auch beim Arbeiten mit Pech, Petroleum usw. beobachtet werden); durch Einatmung Geschwüre auf der Nasenschleimhaut und Durchbohrung der knorpeligen Nasenscheidewand, seltener innere Erkrankungen (Durchfälle, Nierenerkrankungen). — Die Arbeiter müssen zu ähnlichen Vorsichtsmaßregeln angehalten werden wie die Arbeiter in Bleiweißfabriken.

Zur wirksameren Bekämpfung der gewerblichen Vergiftungen ist eine Art Meldepflicht eingeführt: § 343 der Reichs-Vers.-Ordnung bestimmt, daß die Krankenkassen (in einigen Bundesstaaten auch die behandelnden Ärzte) Fälle von Pb-, Hg-, P- und As-Vergiftungen dem zuständigen Gewerbeinspektor anzeigen (vgl. unter Bleivergiftung).

10. Gefährdung der Arbeiter durch Kontagien.

Die Arbeiter sind der Aufnahme von Kontagien ausgesetzt teils durch die Berührung mit kranken Arbeitern sowie durch den Aufenthalt in infizierten Arbeitsräumen; teils haften Kontagien an den zu bearbeitenden Objekten.

Die erstgenannte Verbreitungsart gilt vor allem für die Tuberkulose, die durch kranke Arbeiter ungemein häufig in der in Kap. X geschilderten Weise verbreitet wird. — Ferner sei erwähnt die Syphilis, die bei Glasbläsern zuweilen durch das Blasrohr übertragen wird. Auch Typhusepidemien sind unter den Arbeitern einer Fabrik mehrfach beobachtet und entweder auf infiziertes Trinkwasser oder auf gemeinsam bezogene infizierte Nahrungsmittel oder auf Kontakte (Typhusträger!) zurückgeführt. Dieser Infektion sind auch Grubenarbeiter ausgesetzt, die unter Tage das in den Stollen sich sammelnde und durch Harn oder Fäkalien leicht erkrankter Arbeiter nicht selten verunreinigte sog. „Seigewasser" zum Händewaschen oder Trinken benutzen.

Eine große Gefahr bedeutet für Grubenarbeiter in warmen (tief reichenden) Steinkohlengruben, sowie Ziegelarbeiter, die auf primitiven Wasserbezug aus stagnierendem Oberflächenwasser angewiesen

sind, die Möglichkeit, schon durch Waschen und Hantieren mit solchem Wasser Anchylostoma-Larven aufzunehmen. Über die Entwickelung dieser Larven s. S. 124. — Prophylaktisch kommt in erster Linie in Betracht, daß Arbeiter mit Eiern im Stuhl nicht in die Gruben gelassen werden. Bei spärlichen Eiern ergänzt man die — wiederholt im Abstand von vier Wochen vorzunehmende — mikroskopische Untersuchung dadurch, daß man die gesamten Fäzes mit Tierkohle verreibt und das Gemisch bei 37° hält. Nach 5—6 Tagen kann man die entstandenen Larven mit Wasser ausziehen, zentrifugieren, das Zentrifugat mit schwacher Vergrößerung durchmustern (Loos). — Ist trotzdem Infektion der Grube erfolgt, so müssen die Arbeiter darüber belehrt werden, daß sie vor jeder Nahrungsaufnahme die Hände gründlich zu reinigen haben und zum Waschen und Trinken nur einwandfreies Wasser benutzen dürfen. Letzteres muß reichlichst zur Verfügung stehen; ebenso zahlreiche Abortkübel. Desinfektion ist schwierig und nicht erforderlich. — In 110 rheinisch-westfälischen Gruben ist in den letzten Jahren die Zahl der Wurmbehafteten von 14716 auf 1252 zurückgegangen.

Als kontagiöses Arbeitsmaterial kommt teils solches in Betracht, welches von erkrankten Menschen stammt, teils solches von mit Zoonosen behafteten Tieren, teils Material, welches mit einem Gemenge verschiedenster Bakterien verunreinigt ist.

Der Ansteckung durch menschliche Kontagien sind vor allem die Lumpensortiererinnen der Papierfabriken, Lumpensammler und Trödler ausgesetzt. Ferner liegen die gleichen Gefahren vor für Arbeiter in Kunstwollfabriken und in Bettfederreinigungsanstalten. Letztere pflegen durchaus primitive Verfahren anzuwenden, mittels welcher keineswegs die Kontagien vernichtet werden. Auch die Lumpen bedürfen einer strengeren sanitären Überwachung als bisher; vor ihrer Sortierung und weiteren Verarbeitung sollte ihre Desinfektion verlangt werden. Die Bettfederreinigungsanstalten müssen zur Anwendung von wirklich desinfizierend wirkenden Apparaten verpflichtet werden. — Durch ihr Gewerbe sind auch Ärzte, Krankenwärter, Hebammen usw. den verschiedensten Infektionen ausgesetzt und bedürfen fortwährend der Anwendung besonderer Vorsichtsmaßregeln (s. im folgenden Kapitel).

Die Übertragung von Zoonosen erfolgt zuweilen auf Schlachter, Abdecker, Gerber, Leim- und Seifensieder, Wollarbeiter, Kürschner, ferner in Roßhaarspinnereien, Haar- und Borstenzurichtereien, Pinsel- und Bürstenmachereien. Hauptsächlich kommt Milzbrand, seltener Rotz in Frage. Auch die sog. Hadernkrankheit bei Lumpensortiererinnen und Wollsortierern beruht meist auf Milzbrandinfektion, in einzelnen Fällen auf anderen Bakterien (Proteus). — Die in Abdeckereien erforder-

lichen Kautelen sind in Kap. VII bereits besprochen. Bezüglich der ausländischen Rohhäute und Tierhaare ist durch Reichsgesetz vom 28. 1. 1899 und vom 22. 10. 1902 Desinfektion vor der Verarbeitung vorgeschrieben; jedoch stößt die Durchführung dieser Maßregel wegen der Schwierigkeiten der Kontrolle und wegen der leicht resultierenden Schädigung des Materials auf Schwierigkeiten.

11. Unfälle.

Über die Häufigkeit der Unfälle in den verschiedenen Berufszweigen s. die Eingangs gegebene Tabelle, letzte Col.

Die Unfallgefährlichkeit der verschiedenen Betriebseinrichtungen und Arbeitstätigkeiten erhellt aus folgender Übersicht über 121 000 Unfälle aus dem Jahre 1902:

Durch Motoren, Transmissionen	wurden verursacht	16 372	Unfälle
„ Fahrstühle, Aufzüge usw.	„ „	2 206	„
„ Dampfkessel, Dampfleitungen usw. . .	„ „	182	„
„ Sprengstoffe	„ „	697	„
„ heiße und ätzende Gase, Dämpfe usw.	„ „	2 365	„
„ Zusammenbruch, Einsturz, Herabfallen usw.	„ „	14 187	„
„ Fall von Leitern, Treppen usw. . .	„ „	26 795	„
„ Auf- und Abladen	„ „	12 915	„
„ Fuhrwerk	„ „	13 920	„
„ Eisenbahnbetrieb	„ „	3 685	„
„ Schiffahrt	„ „	728	„
„ Tiere (Biß, Stoß), Reitunfälle . . .	„ „	9 030	„
„ Handwerkszeug (Hämmer, Äxte usw.)	„ „	9 868	„
„ sonstige Veranlassungen	„ „	8 334	„
		121 284	Unfälle

Einige der wichtigsten Unfälle sind folgende:

a) Unfälle in den Bergwerken.

Auf 1000 Bergbauarbeiter entfallen jährlich 2,5 tödlich Verunglückte. 40 % Verunglückungen erfolgen durch Hereinbrechen von Gesteins- und Kohlenmassen, 24 % durch Sturz und Beschädigung beim Ein- und Ausfahren in den Schächten, 11 % durch schlagende und böse Wetter.

Der erstgenannten Art von Unfällen ist durch sorgfältigen Abbau und Ausbau der Gruben vorzubeugen; und zwar ist dieser besser in Eisen oder in Mauerwerk als in Holz auszuführen; besondere Sorge ist auch für Absperrung der Wässer zu tragen.

Das Ein- und Ausfahren geschieht mit Leitern, Seilfahrten oder Fahrkünsten.

Erstere finden als anstrengend und gefährlich selten mehr Verwendung. Die Fahrkünste bestehen in zwei nebeneinander im Schacht hängenden und in

bestimmten Abständen mit Bühnen versehenen Gestängen, welche durch Maschinenkraft intermittierend in entgegengesetzter Richtung um ein Gewisses auf- und niederbewegt werden. In der kurzen Ruhepause am Ende jedes Hubes befinden sich die beiderseitigen Bühnen in gleicher Höhe und der Fahrende muß alsdann von der einen Bühne zur anderen Seite übertreten. — Bei der Seilfahrt werden die zur Förderung der Kohlen dienenden Förderkörbe, die an Eisenseilen oder besser Gußstahlseilen bewegt werden, auch zur Einfahrt und Ausfahrt der Arbeiter benutzt.

Von 1000 Fahrenden verunglücken bei der Fahrkunst jährlich 0,6, bei der Seilfahrt 0,1; letztere ist daher am meisten zu empfehlen. Dieselbe durch Fangvorrichtungen für den Fall eines plötzlichen Seilbruchs noch gefahrloser zu machen, ist nicht gelungen; wichtiger ist die sorgfältige Behandlung und Kontrolle der Förderseile.

Die schlagenden und bösen Wetter sind durch richtige Wetterführungen und Ventilationen der Gruben zu beseitigen. Zur Ventilation benutzt man Wetteröfen oder Maschinenventilatoren.

Die Entzündung trotzdem angesammelter Wetter wird durch die Davysche Sicherheitslampe vermieden, deren Kommunikationsöffnung mit der freien Luft durch feines Drahtnetz verschlossen ist. Da eine Entzündung der Wetter jetzt hauptsächlich beim Wiederanzünden erloschener Lampen erfolgt, so ist von C. Wolf ein Mechanismus an den mit Benzin gespeisten Lampen angebracht, der beim Spannen und Losdrücken einer Feder einen mit kleinen Knallpräparaten versehenen Papierstreifen in das Innere der Lampe vorschiebt, so daß die Benzindämpfe Feuer fangen und die Lampe sich wieder entzündet, ohne daß man sie zu öffnen braucht. — Auch Azetylenlampen sind als Sicherheitslampen konstruiert; und den sichersten Schutz gewähren tragbare elektrische Grubenlampen. — Um böse Wetter anzuzeigen, sind Indikatoren konstruiert, die darauf beruhen, daß in einem mit Tonplatten verschlossenen Gefäß in methan-, kohlenoxyd- oder kohlensäurehaltiger Luft ein Überdruck entsteht, welcher eine Quecksilbersäule empordrückt und damit einen elektrischen Strom schließt. Haber hat kürzlich eine Schlagwetterpfeife konstruiert. Sie besteht aus zwei nebeneinander gelagerten Pfeifen, die bei gleicher Gasfüllung auf denselben Ton gestimmt sind. Das Rohr der einen Pfeife ist mit reiner Luft gefüllt, in das andere wird Grubenluft eingesaugt; mit steigendem Gehalt an Methan nimmt die Schwebungszahl in dieser Pfeife zu, und in der Nähe der Explosionsgrenze tritt ein charakteristisches Trillern ein. — Einen Hinweis auf die Gefahr liefert auch die Pielersche Wetterlampe; sie wird mit Spiritus gespeist und brennt farblos. Die Flammenhöhe wird in reiner Luft reguliert. Bei Grubengasgehalt zeigt sich ein Lichtkegel, der um so höher und breiter wird, je mehr Gas sich ansammelt. — Auch die obengenannten Benzinsicherheitslampen verhalten sich ähnlich. Bei geringem Gasgehalt der Luft verlängert sich die Flamme und wird spitzer; bei größerem Gehalt steigt die Flamme bis an den Deckel des Drahtkorbes, ist im oberen Teil rot gefärbt und rußt etwas; bei noch stärkerer Gasmischung entzündet sich diese innerhalb des Drahtnetzes und bildet eine Aureole, die noch fortbrennt, während die Lampenflamme erlischt.

b) Unfälle durch explosionsfähiges Material.

In Frage kommen Staubexplosionen und Explosionen in Sprengstofffabriken. (Über Gasexplosionen s. unter „Beleuchtung").

In der Luft verteilter Staub kann namentlich dann zu einer plötzlichen, explosionsartigen Verbrennung Anlaß geben, wenn die Staubteilchen Gelegenheit hatten, brennbare Gase auf sich zu kondensieren. Kohlenstaub in Kohlengruben wirkt daher sehr explosiv, ebenso Mehlstaub in mit Gasbeleuchtung versehenen Mühlen, ferner der Staub in Kunstwollfabriken. Eine kräftige Ventilation ist die geeignetste Vorsichtsmaßregel.

In Pulver-, Patronen- und Zündhütchenfabriken sind alle Reibungen mit Metallteilen auszuschließen, ferner ist auf gründlichste Reinlichkeit und vollständige Beseitigung alles Pulverstaubes zu achten. Das Betreten der Räume ist nur mit Filzschuhen gestattet, die einzelnen Arbeitsstände sind durch Drahtgaze vollständig zu trennen. — In den Dynamitfabriken sucht man die einzelne Arbeitsstelle noch strenger, und zwar durch hohe und starke Wälle von Erde oder Mauerwerk zu isolieren. Eine Verbindung zwischen den Arbeitsstellen findet nur durch tunnelartige Gänge statt.

In neuerer Zeit werden als Ersatz des Dynamits andere Sprengstoffe verwendet, die weniger Gefahr bieten; oder es werden Sprengstoffe konstruiert, die aus zwei Komponenten bestehen, deren jede für sich nicht explosibel ist, sondern die es erst im Moment des Zusammenbringens werden. Die Gefahr der zufälligen Explosion ist hier fast ganz ausgeschlossen.

c) Unfälle durch Maschinenbetrieb.

Von den zahlreichen, bei der Konstruktion und dem Betriebe der Dampfkessel und Dampfmaschinen erforderlichen Kautelen seien hier nur erwähnt zunächst die selbsttätigen Sicherheitsapparate an den Kesseln. Dieselben zeigen namentlich ein zu niedriges Sinken des Wasserstandes durch Signale, z. B. Pfeifen, an.

Sie werden entweder so konstruiert, daß ein im Kessel befindlicher Schwimmer eine Stange und an deren Spitze eine Kugel trägt; letztere verschließt bei hinreichendem Wasserstand die Öffnung eines Dampfkanals, der zu der Pfeife führt; beim Sinken des Wasserstandes hört der Verschluß auf und das Signal ertönt. Oder ein mit Pfeife versehenes Rohr ist für gewöhnlich mit einem Tropfen aus einer Legierung verschlossen, die im Wasser nicht, wohl aber in dem höher temperierten Dampf schmilzt. — Der ebenfalls wesentlich auf Legierung von bestimmtem Schmelzpunkt beruhende Schwarzkopfsche Apparat zeigt durch sichtbares und hörbares Signal 1. beginnenden Wassermangel, 2. beginnende Drucküberschreitung, 3. trockenes Anheizen eines Kessels, 4. abnorme Erhöhung der Wassertemperatur (Siedeverzug) an.

Was die Betriebseinrichtungen anlangt, so sind 3 Grundsätze festzuhalten: 1. Umkleidung möglichst aller Teile, durch die der Arbeiter verletzt werden könnte; 2. Ersatz von eckigen rotierenden Teilen durch

runde (z. B. bei Hobelmaschinen); 3. Ausbildung der Einrückvorrichtungen der Maschinen in solcher Weise, daß der Arbeiter beide Hände aus dem Gefahrbereich entfernen muß. — Im einzelnen sind die Schwungräder einzufriedigen und stets mittels mechanischer Hilfsvorrichtungen, niemals mit der Hand anzudrehen. Wellen sind mit Schutzhülsen und Schutzringen zu umgeben, Riementransmissionen mit Schutzkasten zu verdecken. Die Transmissionen sind nie mit der Hand zu bedienen, vielmehr sind Riemenaufleger und Ausrückvorrichtungen zu benutzen. Die Arbeiter und namentlich die Arbeiterinnen sollen sich stets einer möglichst eng anliegenden Kleidung (eventuell besonderer Arbeitsanzüge, z. B. des Schwanckschen Arbeiterschutzanzuges) bedienen.

Einige spezielle Sicherheitsvorrichtungen sind an landwirtschaftlichen Maschinen und an Kreissägen anzubringen. Von ersteren seien die Göpel genannt, deren Welle eingedeckt und deren Zahnräder und Triebwerke umkapselt sein müssen, ferner die Dreschmaschinen, welche früher vielfach Hand und Arm der mit dem Einlegen der Garben beschäftigten Arbeiter beschädigten und welche jetzt mit sogenannten Vorgelegen oder Einlegern versehen sind, so daß derartige Verletzungen vollständig ausgeschlossen sind. — Die Kreissägen führen zu Verletzungen dadurch, daß der Arbeiter mit der Hand gegen die Säge vorfällt oder dadurch, daß Holzstücke sich klemmen und von der rotierenden Scheibe mit großer Gewalt fortgeschleudert werden, oder endlich dadurch, daß die mit dem Forträumen der Späne beschäftigten Arbeiter dem unteren Teil der Säge zu nahe kommen.

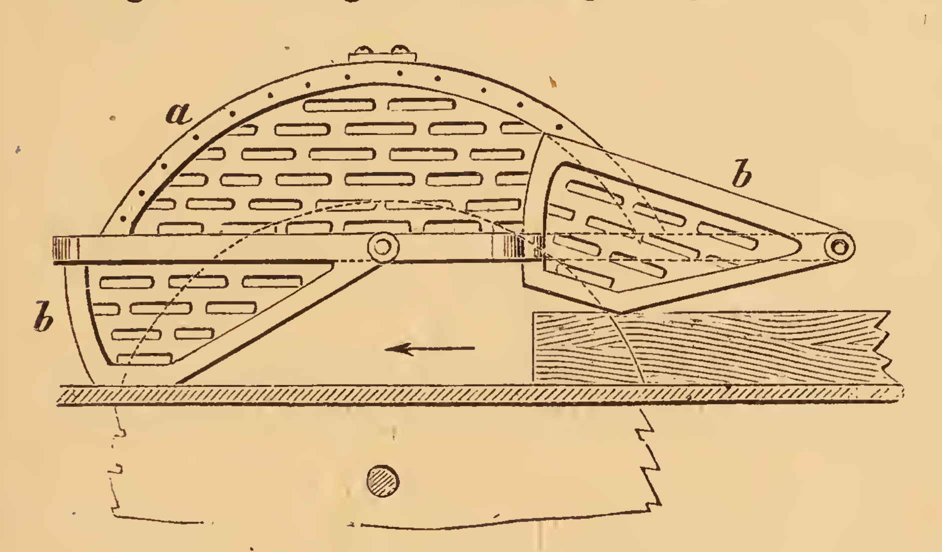


Fig. 139. Schutzvorrichtungen an Kreissägen.

Letztere Gefahr kann durch Umkleidung des unter dem Tisch befindlichen Teils der Säge leicht vermieden werden. Um das Klemmen und Zurückschleudern des Holzes zu verhüten, wird an der hinteren Peripherie ein Spaltkeil angebracht, dessen vordere Kante bis zur Dicke des Sägeblattes zugeschärft ist. — Um die Hand des beschäftigten Arbeiters zu schützen, existieren Einrichtungen wie in Fig. 139; das Blatt der Säge ist im oberen Teil mit einem festliegenden Gehäuse (a) bedeckt; am vorderen und hinteren Ende befinden sich je zwei um einen Drehpunkt leicht bewegliche Schwerter (b), die den unteren Teil der Säge decken. Das vorgeschobene Brett hebt die Schwerter, so daß das Schneiden gar nicht gehindert wird; hat das Brett die Säge passiert, so fällt sofort das vordere Schwerterpaar herunter. Derartige Vorrichtungen verringern wohl die Gefahr, beseitigen dieselbe aber nicht ganz.

III. Belästigung und Schädigung der Anwohner durch Gewerbebetriebe.

Gewerbliche Anlagen können die Nachbarschaft mit Explosions- und Feuersgefahr bedrohen. Durch gesetzliche Bestimmungen pflegt dieser Gefahr hinlänglich vorgebeugt zu werden. Ferner beeinflussen manche industrielle Anlagen (Hammerwerke, Kesselschmieden, die verschiedensten Motorenbetriebe) die Nachbarschaft durch starken Lärm.

Die bestehenden Verordnungen gewähren gegen solche Etablissements nicht immer Schutz, da die Geräusche manchmal als belästigend anerkannt werden und die Anlage nur verboten wird, wenn öffentliche Gebäude sich in der Nähe befinden. Indes werden auch durch diese Geräusche zweifellos hygienische Interessen berührt. Es werden durch dieselben die Anwohner auf weite Entfernungen gezwungen, die Fenster geschlossen zu halten und somit auf jede ausgiebige Zufuhr frischer Luft während der wärmeren Jahreszeit zu verzichten. Außerdem werden Kranke und Rekonvaleszenten, die auch unter Tages der Ruhe und des Schlafes bedürfen, geschädigt; und die geistig arbeitenden Umwohner werden in der Ausübung ihrer Berufstätigkeit und ihres Erwerbes behindert. Es ist daher entschieden zu wünschen, daß derartigen Betrieben soviel als möglich Beschränkungen auferlegt werden, welche das Geräusch dämpfen. In letzter Zeit haben dementsprechend Gerichte (auch das Oberverwaltungsgericht) mehrfach entschieden, daß Lärm, der zwischen 10 und 6 Uhr nachts am Schlafen hindert, Rauch und Gestank, der zum Schließen der Fenster zwingt, eine erhebliche Schädigung der Gesundheit mit sich bringen, auf die hin z. B. die Wohnung vom Mieter ohne Kündigung geräumt werden kann, und daß Polizeiverordnungen, die gegen solche Schädigungen vorgehen, rechtsgültig sind. — Unbedingt ist zur Nachtzeit auf den Schlaf der Anwohner Rücksicht zu nehmen. Straßenreparaturen und -reinigung werden oft mit solchem ruhestörenden Lärm ausgeführt, daß zahlreiche Umwohner in ihrer Gesundheit beeinträchtigt werden.

Von großer Bedeutung kann ferner die Verunreinigung von Luft und Wasser durch gewerbliche Anlagen sein.

1. Die Luft wird durch die Mehrzahl der Gewerbebetriebe mit großen Mengen von Rauch und Ruß verunreinigt. Durch sorgfältigen, von geschulten Heizern geleiteten Betrieb läßt sich dieser Übelstand sehr einschränken (s. unter „Heizung").

Besondere gasförmige Verunreinigungen entstehen bei folgenden Gewerben (abgesehen von den obengenannten, giftige Gase produzierenden Anlagen):

Hüttenwerke liefern große Mengen schweflige Säure, die durch das Rösten der schwefelhaltigen Blei-, Zink- und Kupfererze gebildet wird. Die Vegetation wird durch solchen Hüttenrauch auf weite Entfernung geschädigt, und zwar oft auf weitere Entfernung (2 km) mehr als auf nähere. — Häufig benutzt man jetzt den Hüttenrauch zur Herstellung von Schwefelsäure, eventuell nach vorausgegangener Konzentration durch Absorption der Röstgase mittels angefeuchteten Zinkoxyds, Wasser usw.; wo das nicht durchführbar ist, muß der Hüttenrauch durch Flugstaubkammern und Ventilationstürme unschädlich gemacht werden. — Ferner liefern Ultramarinfabriken, Alaunfabriken und auch Hopfenschwefeldarren auf große Entfernung hin beträchtliche Mengen von schwefliger Säure.

Knochendarren und Knochenkochereien, ebenso Knochenbrennereien entwickeln auf sehr weite Entfernung üble Gerüche. Darmsaitenfabriken liefern Fäulnisgase, wenn das Material längere Zeit aufbewahrt wird und in Fäulnis gerät. In Leimsiedereien entstehen beim Kochen des Leims, sowie durch das Lagern der Rohmaterialien (Lederabfälle, Flechsen, Knochen) sehr üble Gerüche. In allen vorgenannten Gewerben ist eine vollständige Beseitigung der üblen Gerüche nicht zu erzielen, und dieselben sind daher in der Nähe von Wohnungen nicht zu dulden. Ähnliches gilt von Kautschukfabriken, ferner von Wachstuch- und Dachpappenfabriken, in welchen beim Aufstreichen der Firnisse bzw. Tränken in Teer und namentlich beim nachfolgenden Trocknen intensive üble Gerüche unvermeidlich sind.

2. Über die Verunreinigung des Grundwassers und der Flußläufe durch gewerbliche Abwässer s. S. 118 und 123.

Zur Errichtung von gewerblichen Anlagen, welche für die Umwohner erhebliche Belästigungen oder Gefahren herbeiführen können, ist vorherige Konzession durch die zuständigen Behörden erforderlich. Zu diesen Anlagen gehören z. B. Gasanstalten, Kalk-, Ziegel-, Gipsöfen, Erzröstöfen, Metallgießereien, Hammerwerke, Schnellbleichen, Darmsaiten-, Dachpappenfabriken, Leim- und Seifensiedereien, Knochendarren, Gerbereien, Abdeckereien u. a. m. (s. Gewerbeordnung für das Deutsche Reich § 16).

Außerdem ist eine fortlaufende Kontrolle aller zum Schutz der Umwohner und zur Sicherung der Arbeiter in den Gewerbebetrieben getroffenen Einrichtungen erforderlich. Diese Kontrolle liegt in der Hand der Fabrikinspektoren, die ihr Augenmerk auf die Sicherheit des Betriebes für die Arbeiter zu richten, die Anbringung von fehlenden Schutzvorrichtungen anzuraten, die Übereinstimmung der ganzen Einrichtung und des Betriebes einer Fabrik mit der erteilten Konzession zu prüfen und zu kontrollieren haben; sie müssen ferner die eventuelle Belästigung der Umgebung der Fabrik durch den Betrieb feststellen und vorkommendenfalls die Maßregeln zur Beseitigung treffen oder doch einleiten; sie haben endlich die Aufgabe, die Beschäftigung der jugendlichen Arbeiter und Frauen zu überwachen (auch ärztliche und weibliche Fabrikinspektoren).

Literatur: Bluhm, Hartmann, Koelsch, Holtzmann u. a. in Weyls Handb. der Hygiene, 2. Aufl. 1913, 1914. — Grotjahn-Kaup, Handwörterb. d. soz. Hygiene, 1912. — Rambousek, Gewerbehygiene, 1909. — Derselbe, Gewerbliche Vergiftungen, 1911. — Chajes, Grundriß der Berufskunde und Berufshygiene. 1919. — K. B. Lehmann, Arbeits- und Gewerbehygiene, 1919. — S. ferner die „Berichte" der Fabrikinspektoren, die „Schriften der Zentralstelle für Arbeiterwohlfahrtseinrichtungen" und die „Amtlichen Nachrichten des Reichsversicherungsamtes".

Zehntes Kapitel.

Die parasitären Krankheiten.

Die Ätiologie, die Verbreitungsweise und die Bekämpfung der parasitären Krankheiten haben bereits in mehreren der vorhergehenden Kapitel Berücksichtigung finden müssen, da die hygienische Bedeutung des Bodens, des Wassers, vieler Nahrungsmittel, der Abfallstoffe usw. vorzugsweise auf der gelegentlichen Verbreitung von Parasiten durch diese Substrate beruht. Die zerstreuten Details sind jedoch nicht geeignet, für den wichtigsten Teil der Lehre von den Krankheitsursachen ausreichendes Verständnis zu erzielen; und es erübrigt daher an dieser Stelle, eine zusammenhängende Darstellung der Verbreitungsweise und der Verhütung der übertragbaren, gelegentlich zu Epidemien oder Endemien anschwellenden Krankheiten zu geben.

Zu den parasitären Krankheiten (mit einem weniger bezeichnenden Ausdruck „Infektionskrankheiten" genannt) rechnen wir diejenigen Krankheiten, welche durch einen im Körper des Kranken sich vermehrenden organisierten Krankheitserreger verursacht werden; gewöhnlich jedoch mit der aus praktischen Gründen gebotenen Einschränkung, daß die durch größere tierische Parasiten (Finnen, Trichinen, Krätzmilben usw.) veranlaßten Krankheiten als sogenannte „Invasionskrankheiten" abgezweigt werden.

Unter „Mikroorganismen" begreifen wir kleinste einzellige Pflanzen und Tiere. Zu ersteren gehören die Fadenpilze, die Actinomyzeten, die Sproßpilze und vor allem die gewöhnlich als „Bakterien" bezeichneten Spaltpilze; zu letzteren die Protozoëen. Sie sind meist ausgezeichnet durch eine enorme Vermehrungsfähigkeit und durch eine besondere Breite der Existenzbedingungen, indem sie sowohl von einfachen Verbindungen als auch von komplizierten Nährsubstanzen leben können. Im ganzen ziehen sie freilich die letzteren vor, und manche Arten vermögen sogar nur hochkonstituierte Nährstoffe zu assimilieren.

Die pflanzlichen Mikroorganismen spielen eine wichtige Rolle im Haushalt der Natur, indem sie fortlaufend große Massen absterbender vegetabilischer und animalischer Substanz zerstören und die darin enthaltenen Stoffe, zum Teil unter besonderer Mitwirkung der Bakterien des Bodens, in diejenigen einfachen Verbindungen überführen, mit welchen die Chlorophyll führenden Pflanzen ihren Aufbau leisten können.

Ferner vermögen sie Gärung und Fäulnis zu erregen, d. h. in kürzester Zeit sehr bedeutende Mengen organischen Materials zu zerlegen. Diese Gärungen sind uns teils nützlich, indem sie uns z. B. bei der Präparation mancher Nahrungsmittel unterstützen (Brot, Käse, Kefir, Bier, Wein). Teils treten sie uns schädigend gegenüber, indem sie viele Nahrungsmittel rasch in einen ungenießbaren Zustand überführen; indem ferner in faulenden Gemengen giftige Stoffe entstehen, welche die Gesundheit beeinträchtigen können.

Die tierischen Mikroorganismen treten im Haushalt der Natur nicht so auffällig hervor, greifen aber immerhin z. B. durch die Aufnahme fester organischer Teilchen und durch das Vertilgen pflanzlicher Mikroorganismen in diesen ein.

Beiden Arten von Mikroorganismen kommt daneben aber noch die für uns besonders wichtige Fähigkeit hinzu, in lebenden höheren Organismen, hauptsächlich Tieren, seltener Pflanzen, eine parasitäre Existenz führen. Häufig bringen sie dabei ihren Wirten Krankheit und Tod. Solche Mikroparasiten sind die ursächlichen Erreger vieler beim Menschen und bei höheren Tieren auftretenden Krankheiten, z. B. des Milzbrands, des Abdominaltyphus, der Cholera, der Tuberkulose, der Schlafkrankheit, der Malaria u. a. m.

An die zu den Protozoën gehörigen Mikroparasiten schließen sich allerkleinste Lebewesen an, die an Größe noch hinter den vorgenannten zurückstehen und wegen der Schwierigkeit, sie zu erkennen, als Aphanozoën bezeichnet werden. Durch sie werden z. B. Pocken, Fleckfieber und andere Krankheiten verursacht.

Es wird erforderlich sein, zunächst die allgemeine Morphologie und Biologie der beteiligten Mikroorganismen, dann die allgemeine Verbreitungsweise und Bekämpfung der parasitären Krankheiten kurz zu besprechen und darauf in einem speziellen Teil das Wissenswerteste über die einzelnen übertragbaren Krankheiten zusammenzustellen.

A. Allgemeine Morphologie und Biologie der Mikroorganismen.

a) Die Faden-(Schimmel-)pilze.

Zellen relativ groß, meist 2—10 μ im Durchmesser; bestehen aus zelluloseähnlicher Hülle und anscheinend kernlosem Protoplasma. Sie wachsen durch Verlängerung an der Spitze zu Fäden oder Hyphen aus. Letztere sind meist gegliedert und häufig verzweigt durch Teilung der Endzelle. Die auf dem Nährsubstrat wuchernden Fäden, welche von dort die Nahrung aufnehmen, bezeichnet man als Mycelium. Von diesem erheben sich aufwärts die Fruchthyphen, welche an ihrer

Spitze die Sporen tragen, d. h. rundliche oder längliche, meist mit derber Membran versehene Zellen, ausgezeichnet dadurch, daß sie nach ihrer Abtrennung von den Fruchthyphen auf jedem guten Nährsubstrat zu einem Keimschlauch und demnächst wieder zu einem neuen Mycel auswachsen können. Die Sporen dienen daher zur Fortpflanzung und zur Erhaltung der Art; sie können in trocknem Zustande lange aufbewahrt werden, ohne ihre Keimfähigkeit zu verlieren.

Die Sporen bilden sich dadurch, daß sie aus der an der Spitze der Hyphe befindlichen Endzelle durch querwandige Teilung sich abschnüren (= Konidien);

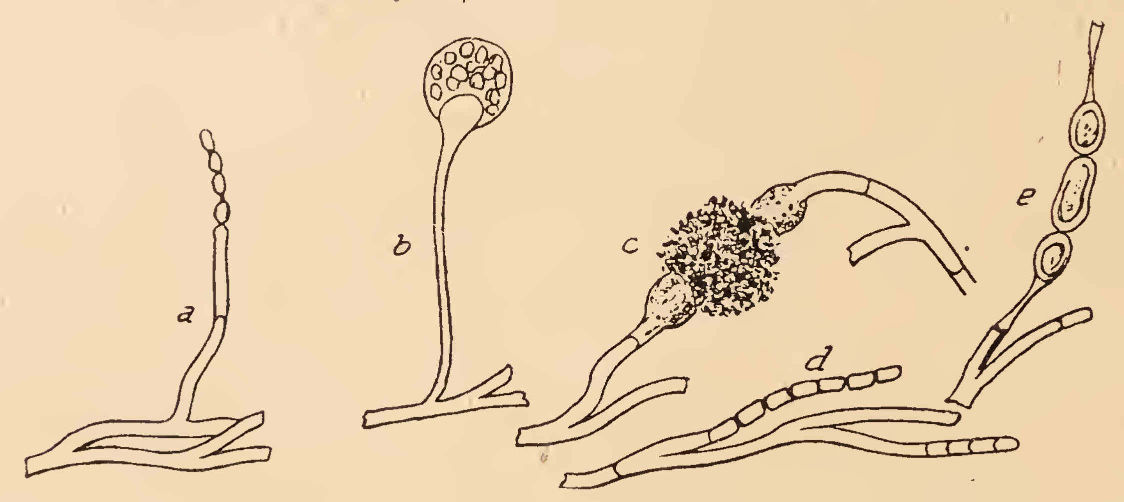


Fig. 140. Fruktifikation bei Schimmelpilzen, schematisch.
a Fruchthyphe mit Konidien. *b* Fruchthyphe mit Sporangium. *c* Zygospore. *d* Oïdienbildung. *e* Gemmenbildung.

oder die Endzelle vergrößert sich zum sog. Sporangium oder Ascus, in dessen Innerem durch Teilung des Plasmas die Sporen entstehen. Bei vielen Arten findet sich neben der ungeschlechtlichen eine geschlechtliche Fruktifikation (Oosporen, Zygosporen). — Außer Sporen kommt eine andere Dauerform vor, dadurch, daß die Mycelfäden in kurze Glieder zerfallen (Oïdienbildung); oder dadurch, daß sich alternierend ein Glied des Mycelfadens verdickt, während das nächste leer wird (Gemmen- oder Chlamydosporenbildung).

Man begegnet den Schimmelpilzen auf allen möglichen toten Substraten, sie sind im ganzen in bezug auf ihren Nährbedarf sehr wenig wählerisch. Im Gegensatz zu den Spaltpilzen können sie auch auf relativ wasserarmem Substrat und bei saurer Reaktion des Nährbodens gut gedeihen. Will man daher bei künstlichen Kulturen von Schimmelpilzen die rasch wachsenden Spaltpilze fernhalten, so setzt man dem Nährsubstrat zweckmäßig 2—5% Weinsäure zu. Gekochte Kartoffeln, Brotbrei oder Gelatine- bzw. Agargemische, in solcher Weise angesäuert, sind am geeignetsten zur künstlichen Züchtung. Die Sporenbildung vollzieht sich nur an freier Luft; unter Wasser entwickelt sich höchstens steriles Mycel. — Sehr abhängig zeigen sich die Schimmelpilze von der Außentemperatur. Das Optimum liegt für die einen Arten bei + 15°, für andere Arten bei + 40°; je nach Temperatur gedeiht daher bald diese bald jene Art auf demselben Substrat. — Viele kommen parasitisch auf Pflanzen und niederen Tieren vor, so die Brandpilze des Getreides, der Pilz der Kartoffelkrankheit, der Mutterkornpilz, die Rostpilze; die Empusa der Stubenfliegen, der Muskardinepilz der Seidenraupen usw.

Die Einteilung der Fadenpilze erfolgt nach dem Brefeldschen System. Auf der untersten Stufe stehen die algenähnlichen Pilze, bei denen vorzugsweise geschlechtliche Fruktifikation vorkommt; die höheren Stufen umfassen die Pilze, welche nur in Sporangien und Konidien, schließlich nur in Konidien (Basidien) fruktifizieren.

b) Die Actinomyceten.

Eine Gruppe von Mikroorganismen, die zwischen den Fadenpilzen und den Spaltpilzen steht. In den Kulturen können manche Arten Mycelien und Fruchthyphen mit Sporenketten bilden, so daß sie mit Schimmelpilzen die größte Ähnlichkeit haben. Mikroskopisch sind aber die Fäden oft von Bazillenfäden nicht zu unterscheiden, nur daß sie echte Verästelung zeigen (s. Fig. 140); und die Fäden zerfallen häufig in bazillen- und kokkenartige Glieder, die auf frischem Nährsubstrat zunächst nur durch Teilung sich vermehren. Durch Vergallertung der Membran der Fäden entstehen keulenförmige Anschwellungen, die als Degenerationsprodukte aufzufassen sind.

Zahlreiche Arten; die meisten sind saprophytisch weitverbreitet; in Kulturen liefern sie gerunzelte, trockne Häute, kreideähnlich oder gefärbt, oft von starkem schimmelig-modrigem Geruch und mit brauner Verfärbung des Nährbodens; nicht selten kommen pathogene Wirkungen (Actinomyces bovis et hom.) zustande (s. unten). Auch die Diphtherie-, Rotz-, Tuberkelbazillen, die den letzteren nahestehenden säurefesten Bakterien, sowie zahlreiche andere Angehörige der „Spaltpilze“ müssen wegen der in ihren Kulturen beobachteten echten Verästelungen und Keulenbildungen eigentlich den Streptothricheen oder den Fadenpilzen eingereiht werden. Da sie aber in dem uns interessierenden menschlichen Material nur in Bazillenform vorkommen, werden sie aus praktischen Gründen zweckmäßiger bei den Bazillen besprochen.

c) Die Sproßpilze (Blastomycetes).

Ovale oder kugelige Zellen von 2—15 μ Durchmesser; zeigen eine zuweilen starke, doppelt-konturierte Membran, körniges Protoplasma, in letzterem Vakuolen und Öltropfen. Durch verschiedene Färbeverfahren, z. B. Eisenbeize und Hämatoxylin, läßt sich ein Kern sichtbar machen. Die Vermehrung erfolgt für gewöhnlich durch Hervorsprossen einer Tochterzelle, welche sich schließlich durch eine Querwand von der Mutterzelle scheidet, und dann entweder noch längere Zeit an dieser haftet (Bildung von Verbänden) oder sich loslöst. — Viele Sproßpilze, jedoch keineswegs alle, vermögen in Zuckerlösungen alkoholische Gärung zu erzeugen. Es sind zu unterscheiden:

a) Sproßpilze, welche nur eine gelegentliche Wuchsform von Schimmelpilzen darstellen. Diese können, in Zuckerlösungen untergetaucht, hefeartige Sprossungen treiben und dann etwas Alkohol

und Kohlensäure bilden. Sobald es dem Pilz (z. B. durch aufsteigende CO_2-Bläschen) ermöglicht wird, an die Oberfläche zurückzukehren, tritt wieder Fadenbildung ein.

b) Torulaarten. Sproßpilze, welche sowohl in Flüssigkeiten wie auch auf festem Substrat lediglich Sprossungen bilden. Sie vermögen keine oder nur ganz schwache Alkoholgärung hervorzurufen.

Die Kulturen auf festem Substrat (Gelatine) zeigen oft lebhafte Farbe, rosa, schwarz usw. Manche Arten, z. B. die rosafarbenen, sind namentlich in der Luft außerordentlich verbreitet. — Auch die Torulaarten gehören vermutlich zu gewissen höheren Pilzen.

c) Saccharomycesarten, echte Hefepilze. Vermehren sich in Zuckerlösung nur durch Sprossung und erzeugen dabei Gärung, d. h. sie zerlegen Glykosen, namentlich Traubenzucker, in Kohlensäure und Alkohol. Rohrzuckerlösungen gehen langsamer in Gärung über, weil hier erst durch ein von der Hefe produziertes invertierendes Ferment eine Umwandlung des Rohrzuckers in Glykose eintreten muß. Obergärige Rassen von Hefepilzen bewirken sehr lebhafte, mit Emporreißen der Sproßverbände einhergehende Gärung, am besten bei 12—18°. Andere Rassen (Unterhefe) rufen bei 3—8° sog. Untergärung hervor. Diese Rassencharaktere erhalten sich konstant. Buchner und Hahn haben gefunden, daß die Zerlegung der gärfähigen Kohlehydrate auch bewirkt werden kann durch die unter starkem Druck ausgepreßte Leibessubstanz der Hefezellen und die darin enthaltene Zymase, so daß also streng genommen der Gärprozeß nicht an das Leben der Zelle gebunden ist. Jede tiefere Alteration der Leibessubstanz hebt aber die Fermentbildung auf.



Fig. 141. Hefepilze. 400:1.
A Sprossung. *B* Sporenbildung. *C* Deckenbildung

Nach Ablauf der Gärung sieht man bei allen echten Hefepilzen innerhalb 6—21 Tagen auf der Oberfläche der Flüssigkeiten Deckenbildung eintreten. Die Sprossungen werden dann undeutlicher und die Zellen länger, so daß sie an Hyphen erinnern. Die Temperaturgrenzen, bei welchen sich die Decken bilden, die Schnelligkeit der Bildung und das mikroskopische Aussehen der Decken liefern diagnostisch brauchbare Merkmale zur Unterscheidung der Arten und Rassen.

Auf festem Nährsubstrat (Gelatine) oder auf Gipsplatten entstehen ferner in den Hefepilzen resistentere Sporen, 1—10, gewöhnlich 1—4 an Zahl, und zwar

durch freie Zellbildung innerhalb der vergrößerten Mutterzelle (Askosporen). In bezug auf die Temperaturgrenzen, innerhalb welcher die Sporenbildung vor sich geht, zeigen die einzelnen Arten und Rassen erhebliche, wiederum für die Differentialdiagnose verwertbare Unterschiede.

Von den Lebensbedingungen der Hefepilze sei erwähnt, daß sie außer Zucker auch stets stickstoffhaltige Nährstoffe, lösliches Eiweiß, Pepton, Amide und dergleichen bedürfen. Ferner ist im allgemeinen für das Wachstum der Hefe Zufuhr von Sauerstoff erforderlich. Nur in gärenden Zuckerlösungen kann die Hefe auch bei Luftabschluß sich lange Zeit vermehren.

Bezüglich der Konzentration und Reaktion des Nährsubstrats halten sich die Hefepilze in der Mitte zwischen Schimmel- und Spaltpilzen. Bierwürze, Malzdekokt und Pflaumendekokt, eventuell mit Zuckerzusatz, sind zur Kultur am besten geeignet; um Spaltpilze fernzuhalten, kann man zweckmäßig etwa 1% Weinsäure zufügen. Gegen freies Alkali sind die Hefepilze empfindlich. Die günstigste Züchtungstemperatur liegt im allgemeinen bei 25—30°.

Es sind früher viele Arten und Varietäten von Hefe nach der Form und Größe der Zellen unterschieden. Jedoch schwanken diese Verhältnisse bei der einzelnen Art so sehr, daß keine durchgreifenden konstanten Differenzen bestehen bleiben. Diagnostisch verwertbar sind vielmehr nur die Erscheinungen der Sporenbildung und Deckenbildung. — Praktisch unterscheidet man namentlich Weinhefe und Bierhefe. Erstere bewirkt die „spontane" Gärung des Mosts usw. oder anderer zuckerreicher Flüssigkeiten. Im Gegensatz dazu wird die Bierhefe nur künstlich gezüchtet, indem immer von der in lebhafter Gärung befindlichen Bierwürze etwas für den nächsten Brau zurückbehalten wird. In ähnlicher Weise wird die in Form des Sauerteigs bei der Brotbereitung benutzte Hefe weiter kultiviert. Vielfach wird Preßhefe verwendet, d. h. eine Bierhefe, welche durch mäßige Wasserentziehung haltbar gemacht ist.

Hansen hat durch seine sorgfältigen Forschungen im Laboratorium der Karlsberg-Brauerei in Kopenhagen die Merkmale der guten, technisch verwendbaren Heferassen und andererseits derjenigen „wilden" Hefen erkennen gelehrt, welche zu den sogenannten Krankheiten des Bieres usw. Veranlassung geben. Infolgedessen wird jetzt in den Gärungsgewerben rein gezüchtete Hefe benutzt.

d) Mycoderma cerevisiae et vini, der Kahmpilz (Saccharomyces Mycoderma); neben der Sprossung endogene Zellentstehung (daher als Endoblastoderma abgegrenzt). Bildet auf gegorenen Flüssigkeiten die sogenannte Kahmhaut, welche erheblich schneller entsteht als die von echten Hefen gebildeten Decken. Keine Gärung, nur Verbrennung des Alkohols.

d) Spaltpilze (Schizomycetes, Bakterien).

1. Morphologisches Verhalten.

Kleinste chlorophyllfreie Zellen, 0,2—5,0 μ messend. Ihre Untersuchung im mikroskopischen Präparat wird außerordentlich erleichtert durch Anwendung von Färbemitteln.

Zur Färbung dienen die basischen Anilinfarben, welche mit dem Plasma der Zellkerne und der Bakterien eine lose Verbindung nach Art der Doppelsalze geben.

Besonders wichtig ist die Gramsche Färbung (s. im Anhang); sie beruht darauf, daß die Verbindung von Pararosanilinen (z. B. Gentianaviolett) mit Jod durch Alkoholbehandlung aus dem Gewebe nicht extrahiert wird. Dadurch gelingt es, bei den „grampositiven" Bakterien eine gegen Jod- und Alkoholbehandlung dauerhafte Violettfärbung herzustellen, die in gleichem Maße weder in der tierischen Zelle noch in deren Kern entsteht und somit die völlig isolierte Färbung gewisser Bakterien im ungefärbten (oder nachträglich mit Kontrastfarben gefärbten) Gewebe ermöglicht. — Viele Bakterienarten sind gramnegativ, z. B. die Coli- und Typhusbazillen (Genaueres s. im Anhang). Bei diesen ist die Durchlässigkeit und Extrahierbarkeit des Plasmas größer; sie sind gleichzeitig plasmalysierbar (s. unten), werden von Kalilauge, gallensauren Salzen, Trypsin usw. aufgelöst, lassen ihre Aggressine leicht in wässerige Lösungen übergehen, während die grampositiven Bakterien in allen diesen Beziehungen widerstandsfähiger sind.

Die gefärbten Präparate können im hellsten Lichte (Ölimmersion, in Öl eintauchend von gleichem Brechungsvermögen wie Glas, so daß die Lichtverluste fortfallen, die sonst an den Trennungsflächen optisch verschiedener Medien statthaben; dazu Abbéscher Kondensor) untersucht werden; der breite Lichtkegel des Kondensors bewirkt ein völliges Verschwinden der Diffraktionserscheinungen und des Strukturbildes und läßt nur das Farbenbild in hellster Beleuchtung hervortreten. Bei ungefärbten Präparaten ist man auf das durch Diffraktion der Lichtstrahlen in den anders brechenden Medien der Zellen und Gewebe entstehende, aus Linien und Schatten zusammengesetzte Strukturbild angewiesen, das bei heller Beleuchtung verschwindet und nur bei abgedunkeltem Gesichtsfeld (Irisblende, herabgezogener Abbéscher Kondensor) hervortritt.

Ohne Anwendung von Färbemitteln lassen sich die Konturen kleinster Spaltpilze deutlich erkennen bei Dunkelfeldbeleuchtung. Dabei wird das vom Mikroskopspiegel reflektierte Licht so gebrochen, daß kein Strahl in das Objektiv gelangt; nur Teile von anderem Lichtbrechungsvermögen, z. B. Bakterien, verändern die Lichtbrechung derart, daß diese Strahlen sichtbar werden. Es erscheinen so die Bakterien hell auf dunkelem Grund. Man braucht hierzu z. B. den Paraboloidkondensor (Zeiss), der nur seitliche Beleuchtung liefert. Zwischen den in die Tischebene geschobenen Kondensor und den Objektträger kommt ein Tropfen Öl; die Objektträger und Deckgläser müssen möglichst dünn sein, das Objekt am besten in Öl liegen. Nicht Immersion, sondern starkes Trockensystem (Apochromat); als Lichtquelle reicht zuweilen schon Gasglühlicht und Schusterkugel aus. Besser elektrisches Bogenlicht, Nernstlampe oder 100kerzige Glühlampe (Zeiss). — Gute Resultate gibt auch der Spiegelkondensor von Reichert, dessen Linse aus einer oberen und unteren Planfläche besteht, und dessen gekrümmte Seitenteile versilbert sind; auf den Mikroskoptisch aufzulegen. — Ferner das Leitzsche Dunkelfeld mit Spiegelkondensor (A zum Einschieben, B zum Auflegen auf den Mikroskoptisch); Lichtquelle: kleine elektrische Bogenlampe. Ein Tropfen Cedernöl zwischen Kondensor und Objektträger und oben auf das Deckglas; Immersion.

Auch die Burrische Tuschemethode läßt die Konturen feinster Gebilde ohne Färbung gut hervortreten. Von Pelikantusche von Grübler oder von kolloidaler Silberlösung wird 1 Tropfen mit einem kleinen Tropfen der Bakterienaufschwemmung gemischt und dann in dünner Schicht auf einem Objektträger verstrichen. Trocknen, Öltropfen, Ölimmersion.

Mit Hilfe von gefärbten Präparaten können wir mit sehr starker Vergrößerung an manchen Bakterienzellen unterscheiden: a) das Entoplasma (den Zentralkörper); dasselbe besteht aus einer meist durch die ganze Zelle in Körnchen oder Fäden verteilten Kernsubstanz, dem Chromatin, und einer oft sehr zurücktretenden Plasmasubstanz. Mittels der Romanowsky-Giemsa-Färbung (s. im Anhang), die im wesentlichen in der Anwendung einer Methylenblau-Eosinmischung besteht, wird das Chromatin rot, das Plasma blau gefärbt.

Besondere Kerne sind bei einzelnen großen Bakterien nachgewiesen, doch wird von anderen Autoren die Kernnatur bestritten, weil Teilungsvorgänge nicht beobachtet sind. Häufig begegnet man in der Bakterienzelle kleinen Haufen von euchromatischer Substanz neben größeren Partien sich schlecht färbender hypochromatischer Substanz. Erstere bleiben auch bei allerlei Extraktionsmethoden gefärbt und liefern die sog. metachromatischen Körnchen; sie scheinen Hohlräume mit zähem Inhalt von Fett, Glykogen und namentlich einem eigentümlichen, eiweißhaltigen Stoff, Volutin, zu sein.

b) das Ektoplasma, bei vielen Bakterien als Membran, die bei Schrumpfung des Plasmas sich von diesem löst, auch in gefärbten Präparaten oft als leere Hülle auftretend; bleibt bei der Romanowsky- und den meisten anderen Färbungen farblos. Oft liegt der Membran außerhalb noch eine Schleimhülle an, welche mit der anderer Individuen verschmelzen und diese zu einer kompakten Masse vereinigen kann (Zoogloea) Diese Schleimschicht kann unter bestimmten Ernährungsverhältnissen als Kapsel imponieren. Manche Bakterien bilden nur im Tierkörper Kapseln, und es kommt diesen unter Umständen die Bedeutung einer Schutzvorrichtung zu, mit der sich die Bakterienzelle gegenüber den ihr feindlichen Einflüssen des lebenden Körpers versieht.

Als Fortsätze des Ektoplasmas finden sich bei vielen Bakterien Geißeln, die der Fortbewegung dienen. Sie sind im ungefärbten Präparat nicht sichtbar, nehmen auch ohne weiteres keine Färbung an, sondern erst, nachdem sie mit beizenden Stoffen vorbehandelt sind. Oft reißen die Geißeln ab, verfilzen sich zu Zöpfen und werden dadurch z. B. in Tuschepräparaten sichtbar, wo sie Spirochäten vortäuschen können.

Nicht selten sieht man die normale Form der Bakterienzelle dadurch verändert, daß der Salzgehalt des umgebenden Mediums sich ändert und daß dadurch der osmotische Gleichgewichtszustand zwischen dem Innern der Zelle und dem Außensubstrat gestört wird. Tritt außen

plötzlich stärkerer Salzgehalt auf (z. B. beim Eintrocknen), so erfolgt Kontraktion des Entoplasmas = Plasmolyse.

Die Vermehrung der Spaltpilze erfolgt durch Querteilung, indem die Zelle sich streckt und dann in zwei selbständige Individuen teilt. Bei manchen Arten verläuft zwischen der Beendigung der ersten Teilung und dem Anfang der Teilung der neu entstandenen Individuen nur eine Zeit von 20—30 Minuten. Bei anderen Bakterienarten dauert diese Frist mehrere Stunden. Rechnet man eine Stunde als Durchschnittswert, so entstehen aus jedem Spaltpilzindividuum innerhalb 24 Stunden 16 Millionen Individuen; bei 20 Minuten Teilungsdauer liefert ein Individuum in 24 Stunden sogar 4700 Trillionen, deren Masse etwa 5 Millionen Kilo wiegen würde. Einer so gewaltigen Vermehrung wirken indes stets die unten zu besprechenden hemmenden Einflüsse entgegen.

Folgende verschiedene Formtypen lassen sich bei den Spaltpilzen beobachten:

a) Kugelige oder ovale Zellen, welche bei der Teilung stets wieder Kugeln ergeben. Diese Wuchsform bezeichnen wir als Micrococcus oder Coccus. Die Kugeln bleiben nach der Teilung entweder zu zweien aneinander haften = Diplococcus; oder sie erscheinen, infolge Kreuzung der Wachstumsrichtung, zu vieren tafelförmig nebeneinander gelagert = Merista; oder sie bilden Würfel von je acht Individuen = Sarcina; oder die Kugeln halten stets die gleiche Wachtstumsrichtung ein und haften in Kettenform aneinander = Streptococcus; oder endlich sie bilden regellose Haufen = Staphylococcus.

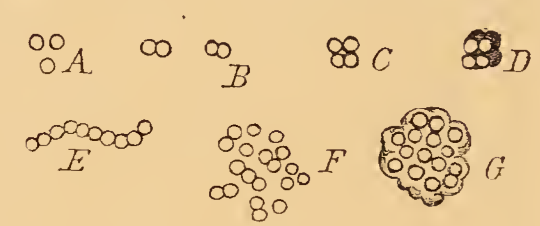


Fig 142. Micrococcus.
A Einzelne Kokken B Diplococcus. C Merista. D Sarcina. E Streptococcus. F Staphylococcus. G Zoogloea.

b) Stäbchen, bei welchen der Längsdurchmesser den Querdurchmesser erheblich übertrifft = Bacillus. Die Teilung der Stäbchen erfolgt mit seltensten Ausnahmen stets im Querdurchmesser. Oft bleiben sie nach der Teilung aneinander haften und bilden dann Scheinfäden (Leptothrix). Diese zeigen zum Unterschied von den Schimmelpilzen keine echten Verzweigungen, sondern höchstens Pseudoverzweigungen durch Aneinanderlagerung zweier Fäden. Daneben kommen aber bei manchen Bazillen und Spirillen echte Verzweigungen vor. — Zuweilen zeigen die Bazillen eine Anschwellung in der Mitte oder an der Spitze, so daß sie Spindelform oder Kaulquappenform annehmen; diese Wuchsform bezeichnet man als Clostridium.

c) Schraubenförmig gewundene Fäden oder als Bruchstücke solcher Schrauben = Spirillum; bei flach gewundener Schraube = Vibrio; bei stets zahlreichen Windungen und anscheinend oft zugespitzten Enden = Spirochäte (vgl. unter „Protozoën“).

d) Kugelige oder ovale meist stark lichtbrechende Zellen, welche nicht durch Teilung aus gleichbeschaffenen Kugeln hervorgegangen sind bzw. solche produzieren, sondern im Innern der meist anders geformten Bakterienzelle entstehen und demnächst zu einer der Mutterzelle gleichen Zelle auswachsen können = Sporen. Sie kommen fast

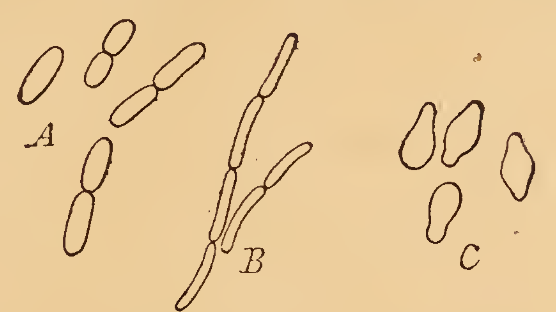


Fig. 143. Bazillus.
A Einzeln und in Teilung. B Scheinfäden mit Pseudo-Verzweigung. C Clostridium.

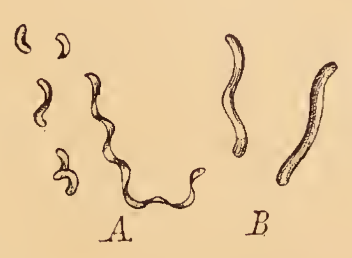


Fig. 144.
A Spirillum. B Vibrio.

nur bei Bazillen vor, sind im ganzen resistenter als die übrigen Wuchsformen der Bakterien und dienen vorzugsweise der Erhaltung der Art.

e) Längliche, kugelige, oft unregelmäßig begrenzte und sich lückenhaft färbende Zellformen verschiedener Art ohne bestimmten Typus, die durch Schrumpfung oder Schwellung aus normalen Zellen hervorgehen und sich häufig unfähig erweisen zu irgendeiner Art der Vermehrung = Involutions- und Degenerationsformen.

Die gleiche Spaltpilzspezies kann sich oft in verschiedener Wuchsform präsentieren. Allerdings kennen wir Spaltpilzarten, welche nur in Kokkenform vorkommen oder höchstens noch Involutionsformen bilden. Andere Arten jedoch kommen für gewöhnlich als Ba-



Fig. 145.
Bacillus- und Spirillum-Wuchsform verschiedener Spezies.

zillen vor, können aber außerdem in Form von langen Fäden auftreten oder in Form von kugeligen Sporen oder als verschieden gestaltete Involutionsformen. Alle diese Wuchsformen gehören dann zum Entwicklungskreis der betreffenden Art.

Innerhalb der gleichen Wuchsform finden sich vielfach kleine, jedoch deutliche Differenzen, sog. Speziescharaktere, welche bei allen Individuen derselben Spezies nahezu konstant hervortreten. So zeigt die eine Art stets große, die andere kleine, diese runde, jene ovale oder abgeplattete oder lanzettförmige Kokken; ebenso gibt es schlanke

und dicke, eiförmig kurze und lange Bazillen, solche mit abgerundeten und solche mit abgestutzten Enden usw. (Fig. 145). Wir erhalten auf diese Weise eine Reihe von Artcharakteren, welche in diagnostischer Beziehung äußerst wertvoll sind.

Endlich kommen auch bei derselben Spezies gewisse individuelle Schwankungen der Form vor, namentlich infolge von Alters- und Ernährungsdifferenzen. Bazillen derselben Spezies sind im Jugendzustand kürzer, bei schlechten Nährverhältnissen oft dünner, Vibrionen sind stärker oder schwächer gekrümmt usw. Meistens sind diese Schwankungen gering, so daß trotz derselben die morphologischen Artcharaktere bestehen bleiben; zuweilen aber kommt es bei einer Spezies geradezu zu einem Pleomorphismus, der eine diagnostische Erkennung aus dem morphologischen Verhalten unmöglich macht.

Viele Bazillen und Spirillen, sowie einige Kokken und Sarcinen sind mit Hilfe der oben erwähnten Geißeln schwärmfähig. Die Geschwindigkeit der Eigenbewegung beträgt z. B. bei Bac. subtilis und bei Choleravibrionen 30 μ pro Sek. Unter ungünstigen biologischen Bedingungen hören die Bewegungen zeitweise auf. Die Geißeln sind entweder an einem oder an jedem Ende in Form eines ganzen Büschels angebracht (Lophotricha); oder es besteht nur eine einfache oft sehr lange Geißel (Monotricha); oder die Bakterien sind an ihrer ganzen Peripherie mit Geißeln besetzt (Peritricha).

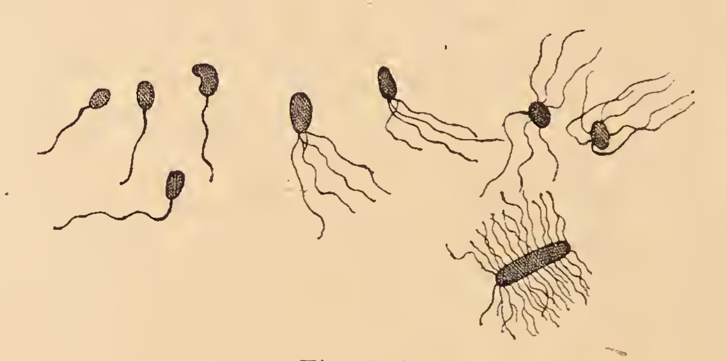


Fig. 146.
Geißeltragende Bakterien. 1000 : 1.

Von Pfeffer ist nachgewiesen, daß die beweglichen Bakterien durch gewisse chemische Stoffe angelockt werden (Chemotaxis). Füllt man sehr feine an einem Ende zugeschmolzene Glaskapillaren mit Lösungen (z. B. von Chlorkalium, Pepton, Kartoffelsaft) und legt dieselben in einen Tropfen Wasser mit den betreffenden Bakterien, so wandern verschiedene Bakterienarten sehr lebhaft in die Kapillaren hinein. Dabei läßt sich die Mitwirkung von physikalischen Momenten, Diffusionsströmen u. dgl. vollkommen ausschließen; vielmehr ist nur der anlockende Reiz des Chemismus der Lösungen entscheidend (positive Chemotaxis). Von anderen Lösungen werden dieselben Bakterien abgestoßen (negative Chemotaxis); manche chemischen Substanzen äußern gar keinen richtenden Einfluß.

Von besonderer Bedeutung ist die Sporenbildung der Bakterien, die hauptsächlich beim Ungünstigerwerden der Lebensverhältnisse eintritt. Echte endospore Dauerformen findet man bei vielen Bazillen. Ihre Bildungsweise ist verschieden je nach der Spezies; entweder wachsen die Bazillen zu Fäden aus, in den Fäden entstehen lichtbrechende

Körnchen, welche schließlich in perlschnurartig angeordnete, runde oder ovale Sporen übergehen (z. B. bei den Milzbrandbazillen). Oder die einzelnen Bazillen schwellen vor der Sporenbildung zu Spindelform auf und in dem entstandenen Clostridium bildet sich die runde oder ovale, stark lichtbrechende Spore (Buttersäurebazillen). Oder aber es bildet sich ohne erhebliche morphologische Änderung des Bazillus im Verlauf desselben oder an einem Ende eine als Spore aufzufassende kugelige Anschwellung. — Die meisten Sporen zeigen eine dicke, vielleicht doppelte, Membran. Oft sind sie grünlich glänzend und stark lichtbrechend. Farbstoffe dringen schwer ein, haften dann aber um so hartnäckiger.



Fig. 147.
Sporenbildung (*a*) und Sporenkeimung (*b*).

Charakteristisch für jede Spore ist, daß aus derselben ein dem mütterlichen gleicher Organismus hervorgehen kann. Das „Auskeimen" erfolgt bei den ovalen Sporen entweder in der Längs- oder in der Querrichtung. — Eine fernere Eigentümlichkeit aller endogen gebildeten Sporen ist es, daß sie gegen die in der Natur den Mikroorganismen hauptsächlich drohenden Gefahren resistenter sind als die Bazillen- oder Spirillenform. Allerdings zeigt auch hier wieder jede Art ein besonderes Verhalten. Die Sporen mancher Bazillenarten können jahrelang in völlig trocknem Zustande oder auch z. B. unter absolutem Alkohol aufbewahrt werden, ohne ihre Lebensfähigkei einzubüßen, während bei den Sporen anderer Arten die Widerstandsfähigkeit bei weitem nicht so stark ausgesprochen ist.

Die Eigenschaft, Sporen zu bilden, kommt derselben Art nicht immer zu. Durch gewisse schädigende Momente (Züchtung bei 42° oder in karbolsäurehaltiger Bouillon) kann z. B. den Milzbrandbazillen die Fähigkeit, Sporen zu bilden, dauernd genommen werden, während sie im übrigen ihre morphologischen und biologischen Merkmale beibehalten (asporogene Rassen).


Fig. 148
Involutionsformen.

Involutionsformen sehen wir unter den verschiedensten schädigenden Einflüssen, namentlich bei Erschöpfung des Nährbodens, bei Eintritt abnormer Reaktion, bei abnormer Temperatur usw. meist in nicht typischer Weise sich bilden; bei einigen Arten treten aber unter bestimmten Bedingungen (Zusatz von Lithiumchlorid, Kochsalz usw.) so rasch und in so charakteristischer Weise Involutionsformen auf, daß wir diese zur diagnostischen Erkennung verwerten können (Pestbazillen).

2. Lebensbedingungen der Spaltpilze.

Die Zellsubstanz der Spaltpilze besteht zu etwa 85% aus Wasser; die Trockensubstanz hauptsächlich aus Eiweißstoffen und Nukleoproteïden (40—70%), Fett (Wachs) und Salzen; unter letzteren namentlich Phosphate. Nach Cramer ist die chemische Zusammensetzung der Bakterien nicht konstant, sondern ändert sich je nach den Züchtungsbedingungen und dem Gehalt des Nährbodens an Wasser, Aschenbestandteilen, stickstoffhaltiger Substanz usw. in entsprechendem Sinne; hierdurch werden die Bakterien zu einer weitgehenden Anpassung an die verschiedenartigsten Existenzbedingungen befähigt. — Sie bedürfen im allgemeinen für ihren Stoffwechsel anorganischer und organischer, stickstoffhaltiger sowie stickstofffreier Nährstoffe. Die beste stickstoffhaltige Nahrung liefern ihnen lösliches Eiweiß, Pepton und Leim, die beste stickstofffreie Nahrung Zucker und Glyzerin; doch können Stickstoff- und Kohlenstoffbedarf eventuell auch durch viel einfachere Verbindungen Deckung finden, der N-bedarf durch Aminosäuren und Amide, z. B. Asparagin, milchsaures Ammon, Leucin, Tyrosin u. a. m.

Je nach der Spezies unterliegt der Nährstoffbedarf außerordentlichen Schwankungen. Manche Arten vermögen mit den minimalsten Spuren organischer Substanz, welche sich in reinem destillierten Wasser finden, noch üppige Vermehrung zu leisten; oder sie können CO_2 und den N der Luft assimilieren (Bodenbakterien, S. 99). Andere Arten verschmähen alle Nährsubstrate mit Ausnahme von Blutserum oder Mischungen von Fleischsaft und Blutserum; wieder andere gedeihen und proliferieren nur im lebenden Körper des Warmblüters.

Sehr empfindlich sind die meisten Spaltpilze gegen saure Reaktion des Nährmediums, weniger gegen einen Alkaliüberschuß. Jedoch kommen auch in dieser Beziehung zahlreiche Ausnahmen vor; manche Arten sind gerade gegen Alkali empfindlich und wachsen bei saurer Reaktion am besten.

Ebenso verschieden ist das Verhalten der einzelnen Arten gegenüber dem Sauerstoff. Eine Gruppe von Arten, die sog. obligaten Aëroben, verlangen zu ihrem Fortkommen unter allen Umständen freien Sauerstoff. Ihnen stehen diametral gegenüber die obligaten Anaëroben, eigentümliche Spaltpilze, die nur wachsen und sich vermehren, wenn aller freier Sauerstoff möglichst vollständig aus dem Nährsubstrat entfernt ist. Die Anaëroben vermögen durch Gärungserregung oder durch mit reichlicher Wärmebildung einhergehende umfangreiche Spaltungen oder durch den gebundenen Sauerstoff des Nährsubstrats ihren Bedarf zu decken. Sehr zahlreiche Bakterien sind endlich

fakultative Anaëroben, d. h. sie gedeihen am besten bei Sauerstoffzutritt, können aber auch ohne Sauerstoff leben, besonders dann, wenn sie gleichzeitig Gärung erregen. Für die einzelnen Bakterienarten läßt sich ein Minimum, ein Optimum und ein Maximum des O-gehalts feststellen. Das Minimum liegt selbst für die empfindlichsten Anaëroben noch über Null; das Maximum bei etwa $^1/_{40}$ des normalen O-Drucks. Bei vielen aëroben Bakterien liegt das Maximum bei dem Vielfachen des gewöhnlichen Drucks.

Schwankungen des Luftdrucks sind für alle Spaltpilze so gut wie indifferent. — Durch Belichtung tritt Schädigung der Mikroorganismen ein, die Kulturen sind daher im Dunkeln aufzubewahren; sogar sterile Nährsubstrate können durch Stehen im Sonnenlicht ungeeignet zur Kultur werden (Wasserstoffsuperoxydbildung).

Von sehr großer Bedeutung für das Leben aller Spaltpilze ist die Temperatur; auch hier aber zeigen die einzelnen Arten wieder einen außerordentlich verschiedenen Bedarf. Das Temperatur-Minimum, bei dem Wachstum und Vermehrung eben beginnen, liegt für einige Arten bereits bei 0°, für andere erst zwischen 30 und 40°, für einige sogar zwischen 40 und 50°. Die obere Wachstumsgrenze finden wir für die meisten Arten bei etwa 40°, für einige bei 50°; es sind aber Arten beobachtet, für welche das Maximum bei 70° und höher liegt. Auch das Temperatur-Optimum variiert in ähnlicher Weise.

Aus der Kenntnis der Lebensbedingungen der Spaltpilze läßt sich die Art und Weise ableiten, in welcher die Spaltpilze am besten künstlich zu züchten sind.

Als Nährlösung benutzt man hauptsächlich Fleischinfus, durch Sodazusatz schwach alkalisch gemacht. Da aber die Nährsubstrate, sowie die Flaschen und Gläser, in welchen sie aufbewahrt werden sollen, von vornherein zahlreichste Bakterien enthalten, welche als störende Verunreinigungen sich bemerklich machen und die Kennzeichen der beabsichtigten Kulturen nicht rein zum Vorschein kommen lassen würden, ist es erforderlich, sämtliche Gefäße und Nährsubstrate vor dem Gebrauch zu sterilisieren, d. h. von anhaftenden lebenden Bakterien zu befreien. Das Sterilisieren der Gefäße geschieht durch 1—2stündiges Erhitzen im Trockenschrank auf 160°, das Sterilisieren der in die Gefäße eingefüllten Nährsubstrate durch Kochen in strömendem Wasserdampf oder im Autoklaven.

Alle flüssigen Nährsubstrate bieten aber große Schwierigkeiten, sobald man die Kultur einzelner bestimmter Arten beabsichtigt. Sie können sehr wohl gebraucht werden, wenn die einzelne Art bereits in reinem isolierten Zustande vorliegt. Das ist aber nur ganz ausnahmsweise der Fall, für gewöhnlich muß man bei der Anlage von Kulturen aus Exkreten von Kranken, aus Leichenmaterial u. dgl. von einem Gemenge mehrerer Spaltpilzarten ausgehen. Bringt man ein derartiges Gemenge in eine Nährlösung, so wachsen alle die verschiedenen Bakterien durcheinander, und die Merkmale der einzelnen Art werden durch die der übrigen Bakterien völlig verwischt.

Unter Anwendung bestimmter, einer Bakterienart besonders adäquater Nährsubstrate und Kulturbedingungen gelingt es, durch sog. fraktionierte Kultur, d. h. durch wiederholte Übertragung auf denselben Nährboden, manche Krankheitserreger zur Überwucherung der begleitenden Bakterienarten zu veranlassen. Eine solche spezifische „Anreicherung“ erfahren z. B. die Cholerabakterien durch Züchtung in Peptonwasser oder auf Alkalialbuminat. — Oder man verwendet das sog. Verdünnungsverfahren, das aber nur gelingt, wenn der gesuchte Spaltpilz in dem Gemenge nicht in erheblicher Minderzahl vorhanden ist. Man verdünnt dabei die zu untersuchende Flüssigkeit so stark mit keimfreiem Wasser, daß in je 1 ccm nur ungefähr ein Spaltpilz enthalten ist. Darauf bringt man in eine größere Zahl von Gläsern mit Nährlösung je 1 ccm der Verdünnung und hat dann relativ gute Chancen, daß wenigstens in einigen Gläsern eine Reinkultur des interessierenden Pilzes zustande kommt.

Diese Verfahren sind sehr umständlich; und die Reinzüchtung der Bakterien ist viel einfacher und sicherer geworden, seit Koch seine Methode des festen Nährbodens für die Kultur der Spaltpilze eingeführt hat.

Benutzt man die Oberfläche irgendwelcher fester Nährböden zur Aussaat, wie z. B. die Schnittfläche gekochter Kartoffelscheiben, und breitet man einen Tropfen Flüssigkeit, in welchem mehrere verschiedene Bakterien enthalten sein mögen, auf einer solchen Kartoffel aus, so kommt wahrscheinlich jede Bakterie an einen besonderen Platz zu liegen und wächst dort durch fortgesetzte Teilung und Häufung gleichartiger Individuen zu einer makroskopisch sichtbaren „Kolonie“ aus. Man bekommt also auf der Kartoffel räumlich getrennte Kolonien, deren jede eine Reinkultur repräsentiert. Diesen Charakter werden sie auch dann bewahren, wenn etwa ein saprophytischer Keim auf die Kartoffel geraten sollte; ein solcher wird mutmaßlich wiederum einen besonderen Platz okkupieren, räumlich getrennt von den anderen Kolonien, und diese daher in keiner Weise beeinträchtigen.

Sind allerdings zahlreiche und mannigfaltigere Bakterien vorhanden, dann wird die Verteilung auf dem festen Substrat nicht immer gleichmäßig gelingen; es wird leicht vorkommen, daß auf dieselbe Stelle mehrere Bakterien geraten, während andere Stellen relativ frei bleiben. Besser wäre es, wenn man flüssiges und festes Substrat kombinieren und das flüssige plötzlich in ein festes verwandeln könnte; dann würde in der Flüssigkeit eine völlig gleichmäßige Verteilung der Keime gelingen und bei dem plötzlichen Erstarren würde eine räumliche Trennung der einzelnen Exemplare, selbst wenn diese in großer Zahl vorhanden sind, erreicht werden. — Auch wird es vorteilhafter sein, durchsichtige Nährboden zu verwenden, welche in dünner Schicht eine Durchmusterung mit dem Miskroskop und auf diese Weise kleinste Kolonien zu erkennen gestatten.

Beiden Forderungen können wir gerecht werden, wenn wir den Nährlösungen einen Zusatz von Gelatine oder Agar-Agar geben, so daß die Mischungen bei 25 bis 30° bzw. 35 bis 40° noch flüssig sind, bei rascher Abkühlung aber schnell erstarren.

Die Nährgelatine ist eine schwach alkalische Mischung von Bouillon, Pepton, Kochsalz und 10% Gelatine. Bringt man in ein Glas mit Nährgelatine,

nachdem man sie vorher auf 30° erwärmt und dadurch verflüssigt hat, ein beliebiges Gemenge von Bakterien, mischt darauf die Flüssigkeit ordentlich durch und gießt dann die Gelatine in flache Glasschälchen (Petrischalen) in dünner Schicht aus, so werden die einzelnen Keime von der sofort erstarrenden Gelatine in deutlichen Zwischenräumen fixiert. Aus jedem Keim entwickelt sich durch fortgesetzte Vermehrung an der bestimmten Stelle eine aus vielen Millionen gleichartiger Keime bestehende Kolonie, welche gewöhnlich schon nach 1—2 Tagen makroskopisch sichtbar wird; und wenn man eine solche Kolonie weiter studiert und namentlich auch mikroskopische Präparate davon anfertigt, so zeigt sich, daß sie nur Individuen derselben Art enthält, d. h. daß sie eine Reinkultur einer Spaltpilzart darstellt.

Die auf solchen „Platten" gewachsenen Kolonien lassen sich auch gut mit schwacher (40—80facher) Vergrößerung beobachten und zeigen dann mancherlei makroskopisch nicht wahrnehmbare Eigentümlichkeiten, welche mit Vorteil zur diagnostischen Unterscheidung der Arten benutzt werden können. — Ferner läßt sich die Zahl der auf einer Platte vorhandenen Kolonien leicht ermitteln; und da jede Kolonie aus einem Spaltpilzindividuum hervorgegangen ist, so gelangen wir auf diese Weise zu bestimmten Vorstellungen über die Zahl der Bakterien, welche in dem untersuchten Probeobjekt vorhanden waren.

Auch auf den Platten dürfen selbstverständlich nicht zuviel Kolonien vorhanden sein, da dieselben sonst zu dicht gelagert sein und ineinander wachsen würden. Kennt man daher die Menge der im Probematerial enthaltenen Bakterien nicht, so werden stets mehrere Platten mit verschiedenen Verdünnungsstufen angelegt. (Genaueres s. im Anhang.)

Mit Hilfe der geschilderten Methode ist in den meisten Fällen eine Isolierung und Reinkultur der interessierenden Bakterien zu erreichen. Zuweilen gelingt es nicht, z. B. aus einem schleimigen Substrat wirklich isolierte Keime zu erhalten. Für solche Fälle eignet sich das Burrische Tuschepunktverfahren, das sich an die Lindnersche Tröpfchenkultur auf hohlem Objektträger anlehnt. In einem Tropfen Tusche verteilt man eine kleine Menge des Materials, beschickt von da einen zweiten, von diesem einen dritten und schließlich einen vierten Tropfen. Mit dieser dünnsten Mischung macht man mittels feiner Zeichenfeder Reihen von kleinen Punkten auf eine Gelatineplatte, legt sterile Deckglasstücke auf und durchmustert mit starkem Trockensystem, in welchem Pünktchen nur ein Keim enthalten ist. Das betreffende Deckglasstückchen überträgt man dann auf geeignetes Nährsubstrat.

Im übrigen sind die Züchtungsbedingungen möglichst zu variieren. Einige Bakterien erfordern für ihre Kultur durchaus höhere Temperatur; die Gelatineplatten darf man aber höchstens bei 22—24° halten, da bei einer Temperatur, die 25° überschreitet, die Gelatine flüssig werden und also der Vorteil des festen Nährbodens verloren gehen würde. In solchen Fällen verwendet man Agargemische, welche noch bei 38° starr bleiben. — Oft beobachtet man, daß nur die auf die Oberfläche der Platte geratenen Keime ordentlich auswachsen. Dann ist es besser, erst die Gelatine- oder Agarmischung in die Glasschälchen auszugießen und dort erstarren zu lassen, und nun erst mit einem Platinpinsel

oder einem gebogenen Glasstab das bakterienhaltige Material auf der erstarrten Oberfläche zu verteilen (s. im Anhang: Typhusdiagnose). — Andere Bakterien verlangen durchaus noch andere Nährsubstrate; sie wachsen z. B. in Bouillongemischen gar nicht, dagegen in Blutserum. — Wieder andere Bakterien erfordern eine Entfernung des Sauerstoffs, die z. B. durch Aufgießen einer hohen Schicht Gelatine oder Agar. oder durch Verdrängen der Luft mittels Wasserstoffgases und Zuschmelzen der Kulturgefäße, ferner auch durch Zusatz reduzierender Körper, wie Dextrose, ameisensaures Natrium, alkalisches Pyrogallol u. a. m. erreicht wird. Oder man fügt Stücke lebender tierischer Organe hinzu (Tarrozzibouillon), die durch fermentartige Stoffe begünstigend wirken. Gut geeignet ist zur anaëroben Züchtung der geschlossene Schenkel des Smithschen Gärkölbchens, s. Fig. 149. — Auch die Züchtung in flüssigen Nährsubstraten darf, nachdem erst eine Isolierung erfolgt ist, nicht versäumt werden; namentlich ist die sogenannte Kultur im hängenden Tropfen wichtig, um das morphologische Verhalten und den Formenkreis der betreffenden Art kennenzulernen (s. Anhang).

3. Lebensäußerungen der Spaltpilze.

Allen Spaltpilzen kommt die Fähigkeit zu, gewisse Nährstoffe des Substrats, zum Teil unter Zuhilfenahme von sezernierten Fermenten, zu assimilieren und teils für ihr Wachstum und ihre Vermehrung zu verwenden, teils aber zu zerlegen, in Oxydationsprodukte überzuführen und so die für ihre Leistungen — Wärmeproduktion, Bewegungen, optische Wirkungen — erforderlichen Energiemengen zu gewinnen. Wahrscheinlich ist der Anteil der assimilierten Nährstoffe, welcher für das Wachstum und die Vermehrung verwandt wird, bei den verschiedenen Spaltpilzarten sehr wechselnd; manche Bakterien vermögen außerordentlich schnell einen Teil der Nährstoffe in Körpersubstanz überzuführen und dadurch ausgebreitete, makroskopisch sichtbare Kolonien zu bilden.

Unter den Abbauprodukten der Spaltpilze ist die Kohlensäure die allgemeinste, mit seltenen Ausnahmen (s. S. 99) nicht wieder assimilierbare Verbindung. Bei starker Anhäufung vermag sie auf viele Bakterienarten einen schädigenden, die weitere Vermehrung hemmenden Einfluß auszuüben. Auch H und CH_4 finden sich häufig unter den in Kulturen entwickelten Gasen. — Sehr verbreitet sind ferner Reduktionswirkungen; Lackmus und Methylenblau werden durch fast alle Bakterien zu farblosen Leukoprodukten reduziert, Neutralrot von einigen in einem grünfluoreszierenden Farbstoff verwandelt, Schwefelverbindungen zu H_2S oder Merkaptanen, selenigsaures Natrium zu rotem Selen, tellurigsaures Natrium zu schwarzem Tellur reduziert.

Oft wird durch wuchernde Bakterienkolonien die Reaktion des Nährsubstrats verändert; viele Arten produzieren durch Spaltung von Kohlehydraten oder Glyzerin freie Säure, z. B. Milchsäure, Essigsäure

usw., kenntlich durch Lackmuszusatz zum Nährsubstrat oder durch Beimengung von Kreide zur Nährgelatine, in der dann helle Höfe um die säurebildenden Kolonien entstehen (B e i j e r i n c k). Andere liefern beim Abbau der Albuminate alkalisch reagierende Verbindungen (Amine, Ammoniumbasen, Verwandlung von Karbonsäuren in Karbonate) und erhöhen daher die A l k a l e s z e n z des Substrats. Besondere Wichtigkeit erlangen diese Stoffwechselprodukte dadurch, daß sie in viel höherem Grade als die Kohlensäure bakterienfeindliche Eigenschaften entfalten. 0,11—0,3% der genannten Säuren und 0,5—1,0% Ammoniumkarbonat reichen hin, um viele Bakterienarten in ihrem Wachstum und ihrer Vermehrung zu hemmen; etwas stärkere Konzentrationen töten sogar manche Arten ab. Im Kampf verschiedener Bakterien um ein Nährsubstrat sind diese Stoffwechselprodukte daher oft von ausschlaggebender Bedeutung.

Ein sehr wichtiges Stoffwechselprodukt aus Eiweißkörpern ist I n d o l, das in Kulturen von Coli-, Cholera-, Hühnercholera-, Proteusbazillen vorkommt, dagegen in Kulturen von Typhus-, Partyphus-, Kruse-Ruhr-, Diphtheriebazillen und Eiterkokken stets fehlt; nachweisbar durch die Rotfärbung nach Zusatz von Nitrit und Schwefelsäure (S a l k o w s k i) oder besser von Paradimethylamidobenzaldehyd + HCl (E h r l i c h).

Bei vielen Arten beobachten wir ferner lebhafte rote, blaue, gelbe und grüne P i g m e n t e, welche die Masse der Kolonie und oft noch einen größeren Bezirk des Nährsubstrats färben. Dadurch wird das Aussehen der Kolonie sehr charakteristisch, und oft ist daher die Farbstoffproduktion für diagnostische Zwecke verwertbar. — Manche Pigmentbakterien scheinen nur eine chromogene Substanz zu bilden, welche erst bei Sauerstoffzutritt in den Farbstoff übergeht. Letzterer wird teils als wasserlösliche Substanz, teils in Körnchen in das umgebende Substrat abgeschieden.

Auch L i c h t e r z e u g u n g ist bei zahlreichen Bakterien (Bazillen und Vibrionen) beobachtet. Seefische (grüne Heringe) enthalten stets L e u c h t b a k t e r i e n; auch in Fleischproben sind sie häufig. Züchtung gelingt am besten auf Nähragar mit 3% Kochsalz oder auf sterilisierten Seefischen; die Temperatur muß je nach der zu züchtenden Art variiert werden. Vermutlich ist im Bakterienleib ein Photogen, das bei O-zutritt leuchtet (M o l i s c h).

Von zahlreichen Bakterien gehen teils oberflächliche hydrolytische, teils tiefe Spaltungen der Nahrungsstoffe aus. Erstere wurden früher als F e r m e n t wirkungen, letztere als G ä r u n g e n unterschieden; ein durchgreifender Unterschied besteht aber nicht, da auch die Gärungen auf Fermente zurückgeführt sind, die sich durch besondere Methoden aus den Zellen gewinnen lassen (B u c h n e r s Zymase, s. unter Hefe). In jedem Falle ist die Masse der gespaltenen Stoffe sehr groß im Ver-

oder einem gebogenen Glasstab das bakterienhaltige Material auf der erstarrten Oberfläche zu verteilen (s. im Anhang: Typhusdiagnose). — Andere Bakterien verlangen durchaus noch andere Nährsubstrate; sie wachsen z. B. in Bouillongemischen gar nicht, dagegen in Blutserum. — Wieder andere Bakterien erfordern eine Entfernung des Sauerstoffs, die z. B. durch Aufgießen einer hohen Schicht Gelatine oder Agar. oder durch Verdrängen der Luft mittels Wasserstoffgases und Zuschmelzen der Kulturgefäße, ferner auch durch Zusatz reduzierender Körper, wie Dextrose, ameisensaures Natrium, alkalisches Pyrogallol u. a. m. erreicht wird. Oder man fügt Stücke lebender tierischer Organe hinzu (Tarrozzibouillon), die durch fermentartige Stoffe begünstigend wirken. Gut geeignet ist zur anaëroben Züchtung der geschlossene Schenkel des Smithschen Gärkölbchens, s. Fig. 149. — Auch die Züchtung in flüssigen Nährsubstraten darf, nachdem erst eine Isolierung erfolgt ist, nicht versäumt werden; namentlich ist die sogenannte Kultur im hängenden Tropfen wichtig, um das morphologische Verhalten und den Formenkreis der betreffenden Art kennenzulernen (s. Anhang).

3. Lebensäußerungen der Spaltpilze.

Allen Spaltpilzen kommt die Fähigkeit zu, gewisse Nährstoffe des Substrats, zum Teil unter Zuhilfenahme von sezernierten Fermenten, zu assimilieren und teils für ihr Wachstum und ihre Vermehrung zu verwenden, teils aber zu zerlegen, in Oxydationsprodukte überzuführen und so die für ihre Leistungen — Wärmeproduktion, Bewegungen, optische Wirkungen — erforderlichen Energiemengen zu gewinnen. Wahrscheinlich ist der Anteil der assimilierten Nährstoffe, welcher für das Wachstum und die Vermehrung verwandt wird, bei den verschiedenen Spaltpilzarten sehr wechselnd; manche Bakterien vermögen außerordentlich schnell einen Teil der Nährstoffe in Körpersubstanz überzuführen und dadurch ausgebreitete, makroskopisch sichtbare Kolonien zu bilden.

Unter den Abbauprodukten der Spaltpilze ist die Kohlensäure die allgemeinste, mit seltenen Ausnahmen (s. S. 99) nicht wieder assimilierbare Verbindung. Bei starker Anhäufung vermag sie auf viele Bakterienarten einen schädigenden, die weitere Vermehrung hemmenden Einfluß auszuüben. Auch H und CH_4 finden sich häufig unter den in Kulturen entwickelten Gasen. — Sehr verbreitet sind ferner Reduktionswirkungen; Lackmus und Methylenblau werden durch fast alle Bakterien zu farblosen Leukoprodukten reduziert, Neutralrot von einigen in einem grünfluoreszierenden Farbstoff verwandelt, Schwefelverbindungen zu H_2S oder Merkaptanen, selenigsaures Natrium zu rotem Selen, tellurigsaures Natrium zu schwarzem Tellur reduziert.

Oft wird durch wuchernde Bakterienkolonien die Reaktion des Nährsubstrats verändert; viele Arten produzieren durch Spaltung von Kohlehydraten oder Glyzerin freie Säure, z. B. Milchsäure, Essigsäure

usw., kenntlich durch Lackmuszusatz zum Nährsubstrat oder durch Beimengung von Kreide zur Nährgelatine, in der dann helle Höfe um die säurebildenden Kolonien entstehen (B e i j e r i n c k). Andere liefern beim Abbau der Albuminate alkalisch reagierende Verbindungen (Amine, Ammoniumbasen, Verwandlung von Karbonsäuren in Karbonate) und erhöhen daher die A l k a l e s z e n z des Substrats. Besondere Wichtigkeit erlangen diese Stoffwechselprodukte dadurch, daß sie in viel höherem Grade als die Kohlensäure bakterienfeindliche Eigenschaften entfalten. 0,11—0,3% der genannten Säuren und 0,5—1,0% Ammoniumkarbonat reichen hin, um viele Bakterienarten in ihrem Wachstum und ihrer Vermehrung zu hemmen; etwas stärkere Konzentrationen töten sogar manche Arten ab. Im Kampf verschiedener Bakterien um ein Nährsubstrat sind diese Stoffwechselprodukte daher oft von ausschlaggebender Bedeutung.

Ein sehr wichtiges Stoffwechselprodukt aus Eiweißkörpern ist I n d o l, das in Kulturen von Coli-, Cholera-, Hühnercholera-, Proteusbazillen vorkommt, dagegen in Kulturen von Typhus-, Partyphus-, Kruse-Ruhr-, Diphtheriebazillen und Eiterkokken stets fehlt; nachweisbar durch die Rotfärbung nach Zusatz von Nitrit und Schwefelsäure (S a l k o w s k i) oder besser von Paradimethylamidobenzaldehyd + HCl (E h r l i c h).

Bei vielen Arten beobachten wir ferner lebhafte rote, blaue, gelbe und grüne P i g m e n t e, welche die Masse der Kolonie und oft noch einen größeren Bezirk des Nährsubstrats färben. Dadurch wird das Aussehen der Kolonie sehr charakteristisch, und oft ist daher die Farbstoffproduktion für diagnostische Zwecke verwertbar. — Manche Pigmentbakterien scheinen nur eine chromogene Substanz zu bilden, welche erst bei Sauerstoffzutritt in den Farbstoff übergeht. Letzterer wird teils als wasserlösliche Substanz, teils in Körnchen in das umgebende Substrat abgeschieden.

Auch L i c h t e r z e u g u n g ist bei zahlreichen Bakterien (Bazillen und Vibrionen) beobachtet. Seefische (grüne Heringe) enthalten stets L e u c h t b a k t e r i e n; auch in Fleischproben sind sie häufig. Züchtung gelingt am besten auf Nähragar mit 3% Kochsalz oder auf sterilisierten Seefischen; die Temperatur muß je nach der zu züchtenden Art variiert werden. Vermutlich ist im Bakterienleib ein Photogen, das bei O-zutritt leuchtet (M o l i s c h).

Von zahlreichen Bakterien gehen teils oberflächliche hydrolytische, teils tiefe Spaltungen der Nahrungsstoffe aus. Erstere wurden früher als F e r m e n t wirkungen, letztere als G ä r u n g e n unterschieden; ein durchgreifender Unterschied besteht aber nicht, da auch die Gärungen auf Fermente zurückgeführt sind, die sich durch besondere Methoden aus den Zellen gewinnen lassen (B u c h n e r s Zymase, s. unter Hefe). In jedem Falle ist die Masse der gespaltenen Stoffe sehr groß im Ver-

hältnis zur Masse der Fermente. Ein Unterschied besteht jedoch insofern zwischen beiden Prozessen, als die nur mit Wassereinlagerung in das Molekül einhergehenden hydrolytischen Spaltungen wenig Wärme liefern, während die Gärungen entweder verwickeltere, mit Atomverschiebungen einhergehende Spaltungen (Spaltungsgärungen) oder Oxydationen (Oxydationsgärungen) mit starker Wärmeentwickelung darstellen.

Von hydrolytischen Enzymen, welche meist aus der lebenden Bakterienzelle nach außen diffundieren, unlösliche Verbindungen des Substrats in lösliche verwandeln und dadurch den Nahrungsbereich der Bakterien erweitern (ähnlich wie das Ptyalin und Pepsin bei den höheren Organismen), gehören:

α) Enzyme, welche auf Albuminate wirken; namentlich die von vielen Bakterien gelieferten trypsinähnlichen Fermente. Letztere lösen Eiweiß, Gelatine usw.; auf den Gelatineplatten entstehen durch proteolytisch wirkende Bakterien Verflüssigungszonen um die Kolonien, die zur Charakterisierung der Art gut benutzt werden können. — Manche Bakterien liefern auch Labferment, das Kaseïn zur Koagulation bringt.

Hierher gehören ferner die Nukleasen, welche Bakterien auflösen (Bakteriolysine), und zwar entweder fremde oder die eigenen Zellen. Vgl. unter „Toxinen".

β) Enzyme, die auf Kohlehydrate wirken. Einige Bakterien vermögen durch Diastase Stärke in Zucker zu verwandeln; andere liefern Invertin, das Rohrzucker in Traubenzucker überführt; auch Laktase, Maltase usw. findet man gelegentlich.

γ) Fettenzyme, Lipasen; spalten die Fette; ferner Fermente, welche Glykoside spalten; Oxydasen, durch welche Sauerstoff auf gewisse chemische Verbindungen übertragen wird und die gegensätzlichen „Reduktasen", die bei manchen der oben erwähnten Reduktionsprozesse wirksam sind; Peroxydasen, H_2O_2 in H_2O und O spaltend (vgl. S. 208).

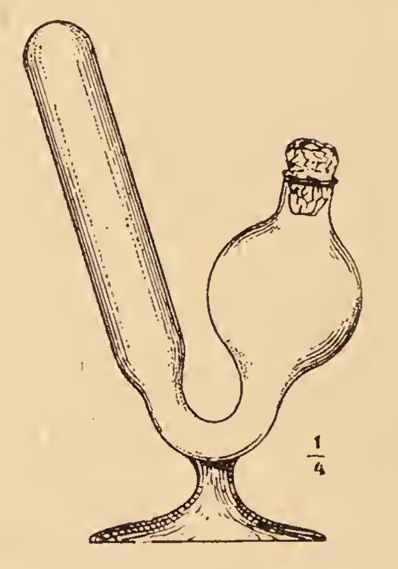


Fig 149. Gärkölbchen nach Th. Smith.

Von Gärungen (die zweckmäßig in den aus einem offenen und einem geschlossenen Schenkel bestehenden Gärkölbchen von Th. Smith beobachtet werden) seien erwähnt:

α) aus Zucker = Milchsäure; die Erreger dieser Gärung sind: Streptococcus lacticus (vgl. S. 206), der Rechtsmilchsäure liefert, überall verbreitet ist und für gewöhnlich die saure Milchgärung veranlaßt. — Als eine zweite Gruppe von Milchsäurebildnern sind die sog. langen, ebenfalls grampositiven Milchsäurebazillen zu unterscheiden, die in pflanzlichen Stoffen weit verbreitet sind, aber auch in der Milch vorkommen, wie z. B. der Bacillus bulgaricus, der Erreger der Yoghurtgärung, der Boas-Opplersche Bazillus im Magen-

inhalt bei Magenkarzinom. Auf manchen menschlichen und tierischen Schleimhäuten sind sowohl die Streptokokken als die langen Milchsäurebazillen ständige Gäste, so der sog. Enterococcus oder Bacillus acidophilus in Dünn- und Dickdarm, der Bacillus vaginalis (*Döderlein*) in der Vagina.

β) gemischte sauere Gärungen, bei denen die Milchsäure zurücktritt, und namentlich Essigsäure, Alkohol, Wasserstoff und Kohlensäure, oft auch Propion-, Ameisen- und Bernsteinsäure gebildet werden. Hierher gehören unter anderem die Bakterien der Coli- und Aërogenesgruppe.

γ) aus Stärke und Zucker = *Buttersäure* und Kohlensäure, Wasserstoff, Butylalkohol als Nebenprodukte. Als Erreger sind bis jetzt mehrere anaërobe und aërobe Bazillen bekannt.

δ) weniger häufig sind die sogenannte *schleimige Gärung*, die *Dextran*gärung des Zuckers; verbreitet ist die *Sumpfgas*gärung der Zellulose. Ferner gibt es Vergärungen der *Fettsäuren* und verschiedene eigentümliche Vergärungen des *Glyzerins*, bei welchem namentlich Äthylalkohol entsteht.

ε) aus Alkohol = *Essigsäure*. Die Erreger sind zahlreiche *Oxydase* liefernde Bakterienarten, z. B. B. acetigenum, B. acetosum, B. oxydans usw.; reichlichster Sauerstoffzutritt ist für den regen Ablauf dieser Gärung erforderlich. — Eine Oxydationsgärung ist auch die *Nitrifikation* im Boden durch die Nitrobakterien; eine Reduktionsgärung dagegen die Zerlegung der Nitrate durch die N in Freiheit setzenden Bakterien des Stallmists.

ζ) die Vergärung eiweißartiger Stoffe = *Fäulnis*. Es lassen sich verschiedene Stufen der Zersetzung unterscheiden; zunächst erfolgt Peptonisierung, dann Bildung von Aminosäuren und darauf tiefere Spaltung; es entstehen teils Ammoniakderivate, teils Benzolderivate, teils Fettsäuren, Ptomaïne, Indol usw. Immer bilden sich diese oder jene stinkenden Gase, z. B. Schwefelammonium, Skatol, flüchtige Fettsäuren, Trimethylamin u. a. m. Die Zerlegung des Eiweißmoleküls im Sinne der Fäulnis vermögen zahlreiche *Reduktase* liefernde Bakterienarten zu leisten, nur erfolgt durch die einen eine tiefere Zerstörung mit charakteristischeren Endprodukten, als durch die anderen. Bei der spontan verlaufenden Fäulnis, welche uns vorzugsweise interessiert, finden wir stets eine Menge verschiedener Bakterienarten an dem Zerstörungswerk, teils gleichzeitig, teils in einer gewissen Aufeinanderfolge beteiligt. Im Anfange pflegen namentlich Aëroben in den Vordergrund zu treten; in späteren Phasen und tieferen Schichten des Substrats Anaëroben, wie der Bac. putrificus, Bac. posthumus usw. Ist das Substrat der Art, daß während des ganzen Fäulnisprozesses reichlich Sauerstoff zutreten kann, wie z. B. im porösen, für Luft durchgängigen Boden, dann erfolgt *Verwesung*, d. h. die eigentlichen Fäulnisprodukte und namentlich die stinkenden Gase werden sehr rasch oxydiert zu Wasser, Kohlensäure, salpetriger Säure und Salpetersäure.

Für die Rolle der Bakterien als Krankheitserreger sind ferner von besonderer Bedeutung die von vielen Arten gelieferten *Toxine*. Wie bei den Fermenten unterscheidet man *Ektotoxine*, die in das um-

schädigtem Gewebe ansiedeln (Tetanusbazillen). 2. Vollparasiten, von denen wenige ausreichen zur Wucherung im Wirt (Bail).

Unter den Vollparasiten verhalten sich manche Arten als obligate Parasiten, die ausschließlich im lebenden Körpern wuchern und totes Nährsubstrat verschmähen; viele sind dagegen fakultative Parasiten, die zwar auf totem Material gut fortkommen, in unserer Umgebung also gelegentlich sich vermehren oder doch leicht künstlich zu kultivieren sind, die aber andererseits auch im lebenden Körper gedeihen.

4. Absterbedingungen der Spaltpilze.

Der vorübergehende Verlust einer einzelnen Lebensäußerung durch ungünstige Existenzbedingungen bedeutet die niederste Phase der Schädigung des Bakterienlebens. Diese geht in ein vorgeschritteneres Stadium über, wenn Lebensäußerungen wie Farbstoff-, Toxinlieferung, Gärvermögen usw. dauernd in Verlust geraten. Am wichtigsten ist eine dauernde Einbuße an Energie der Krankheitserregung, die viele pathogene Bakterien durch schädigende Einflüsse erleiden. Sie wird gewöhnlich als „Abschwächung“ bezeichnet; häufig geht mit ihr eine Schwächung der gesamten Lebensenergie, eine Verlangsamung der Vermehrung und eine geringere Resistenz gegen Schädlichkeiten einher (Genaueres s. unten).

Abgesehen von dieser Beeinflussung einzelner Lebensäußerungen unterscheidet man bei dem Einfluß äußerer Schädlichkeiten auf die Bakterien zwei Stufen: Erstens die Überführung in einen Zustand latenten Lebens. Es tritt dabei eine Hemmung des Wachstums und der Vermehrung oder eine Hemmung des Auskeimens der Sporen ein, welche aber zunächst nur solange anhält, wie das schädigende Moment einwirkt. Sobald rechtzeitig Beseitigung des schädigenden Einflusses erfolgt, beginnt sogleich wieder lebhafte Vermehrung.

Eine solche Entwicklungshemmung kann z. B. hervorgerufen werden durch das Fehlen oder die Beschränkung irgendeines notwendigen Nährstoffs, z. B. durch mäßige Wasserentziehung (praktisch verwendet zum Konservieren vieler Nahrungsmittel). Ferner wird die Vermehrung zum Stillstand gebracht durch niedrige Temperatur, verschieden je nach der Spaltpilzart und nach den jeweiligen sonstigen Bedingungen. Das Wachstum der Tuberkelbazillen sistiert bei einer Temperatur unter 25°; für andere pathogene Bakterien liegt die kritische Temperatur unter 15—16°; für viele Saprophyten unter 5°, für einige erst unter 0°.

Außerdem kann eine Entwicklungshemmung durch Zusatz sehr kleiner Mengen von gewissen chemischen Substanzen zum Nährsubstrat oder auch durch Stoffwechselprodukte der Bak-

terien (s. oben) erreicht werden; die umstehende Tabelle gibt — soweit eine vergleichende Übersicht aus den verschiedenen, nicht nach einheitlicher Methode ausgeführten Versuchen überhaupt entnommen werden kann — ungefähre Zahlen dafür, in welcher Konzentration diese auf verschiedene Bakterienarten wirken.

Die Wirksamkeit der Gifte läßt sich quantitativ dadurch feststellen, daß man verschiedene Mengen des Mittels der Nährgelatine, bzw. Bouillon oder Serum zufügt und nun beobachtet, ob das Wachstum der betreffenden Bakterienart vollständig oder teilweise behindert ist. Man findet dabei oft ein ganz verschiedenes Verhalten der einzelnen Bakterienarten; ferner ist aber sehr wohl auf die gesamten übrigen Lebensbedingungen zu achten; z. B. auf die Temperatur, Nährstoffe, Reaktion usw.; werden die Bakterien auf dem Temperaturoptimum gehalten, so ertragen sie manche schädliche Momente reaktionslos, die bei ungünstigerer Temperatur schon merklichen Einfluß äußern.

Zweitens: von der Entwickelungshemmung wesentlich verschieden ist die Tötung der Bakterien, welche jedes Leben derselben unmöglich macht, auch nachdem die schädigenden Mittel wieder entfernt und die besten Lebensbedingungen hergestellt sind. Tötung kann aus der Entwickelungshemmung hervorgehen und durch die gleichen Mittel wie diese bewirkt werden, wenn die Dauer der Einwirkung verlängert wird; sie kann ferner in relativ kurzer Zeit erreicht werden dadurch, daß das hemmende Mittel konzentrierter und energischer angewendet wird. Konzentration und Dauer der Einwirkung sind daher bei jeder Abschätzung eines bakterientötenden Mittels genau zu berücksichtigen. Die Wirksamkeit variiert je nach der Bakterienart; ferner je nach dem Alter der Individuen. Jüngere Individuen scheinen resistenter zu sein als ältere, der Involution nahe; Sporen sind oft enorm viel widerstandsfähiger als die vegetativen Formen. Von großem Einfluß sind außerdem auch hier die übrigen gleichzeitig vorhandenen Lebensbedingungen, Temperatur, Nährsubstrat usw.; durch gleichzeitige geringe Erhöhung der Temperatur ist der Effekt der schädigenden Mittel meist erheblich zu steigern.

Bei den chemischen für die Bakterientötung in Betracht kommenden Substanzen erfolgt zunächst Adsorption der gelösten Stoffe durch die Körper der Bakterien. Sodann müssen die Stoffe in die Bakterienzelle eindringen. Als lebenswichtige Bestandteile, die für die Angriffe der schädigenden Stoffe in Frage kommen, finden sich hier namentlich Lipoide und Kolloide. Bei manchen schädigenden Mitteln hängt die Wirkung von ihrer Lipoidlöslichkeit ab; andere sind lipoidunlöslich und greifen die Kolloide der Zelle an; oder es gehen beide Wirkungen nebeneinander her. Bei den die Kolloide an-

Bakterienhemmende Mittel	Hemmt die Entwickelung von		
	Milzbrand-bazillen	Fäulnis-bakterien (in Bouillon)	anderen Bakterien
Wasserstoffsuperoxyd		1 : 20000	
Chlor	1 : 1500	1 : 4000	
Brom	1 : 1500	1 : 2000	
Jod	1 : 1500	1 : 5000	
Jodkalium		1 : 7	
Chlornatrium	1 : 60	1 : 12	
Schwefel- oder Salzsäure	1 : 3000	1 : 400	Cholera 1 : 6000 Diphterie 1 : 3000 Rotz 1 : 700
Schweflige Säure		1 : 6000	Typhus 1 : 500 Cholera 1 : 1000
Arsenige Säure		1 : 200	
Borsäure	1 : 800	1 : 100	
Borax		1 : 40	
Kalilauge	1 : 700		Diphterie 1 : 600 Cholera, Typhus 1 : 400
Ammoniak	1 : 700		Cholera, Typhus 1 : 500
Soda			Cholera, Typhus 1 : 45
Ätzkalk			Cholera, Typhus 1 : 1100
Silbernitrat	1 : 60000	1 : 10000	Cholera, Typhus 1 : 50000
Quecksilberchlorid	1 : 100000	1 : 20000	Typhus 1 : 60000
Kupfersulfat	in Serum 1 : 1000	1 : 1000	
Eisenvitriol		1 : 90	
Kaliumpermanganat	1 : 1000	1 : 500	
Formalin (40% Formaldehyd)		1 : 4000	Cholera 1 : 20000 Staphyl. 1 : 5000
Alkohol	1 : 12	1 : 10	
Essigsäure, Oxalsäure usw.		1 : 400	
Senföl	1 : 30000	1 : 3000	
Karbolsäure	1 : 800	1 : 500	Diphterie 1 : 500 Typhus 1 : 400 Cholera 1 : 600
Benzoesäure	1 : 1000		
Salizylsäure	1 : 1500	1 : 1000	
Thymol	1 : 10000	1 : 3500	
Kampfer	1 : 1000		
Chinin	1 : 600		
Terpentinöl	1 : 8000		
Pfefferminzöl	1 : 3000		
Kaliseife	1 : 1000		

greifenden Mitteln spielt die Dissoziation in Ionen die bedeutendste Rolle, die Wirkung entspricht geradezu der Intensität der Dissoziation. Dies ist der Fall z. B. bei den Salzen der Schwermetalle, den anorganischen Säuren, den Ätzalkalien und Erdalkalien. Dagegen tritt z. B. bei den organischen Säuren die Lipoidlöslichkeit in den Vordergrund (Gottlieb). — Soweit Dissoziation in Frage kommt, muß auch das Lösungsmittel, in welchen Bakterien und Chemikalien aufeinander treffen, von größter Bedeutung sein. In konzentriertem Alkohol oder Öl gelöst, werden Mittel völlig unwirksam, die in wäßriger Lösung durch die frei werdenden Ionen stärkste Wirkungen äußern.

Die Prüfung geschieht in der Weise, daß eine gewisse, annähernd gleiche Menge einer frischen, feuchten oder auch an Deckgläsern, Granaten, Sandkörnern usw. vorsichtig angetrockneten Kultur eine gemessene Zeit mit den zu prüfenden Mitteln in Berührung gebracht wird. Dann wird das Material mit Nährgelatine gemischt in Platten ausgegossen oder besser in Bouillon oder Serum bei 35° gehalten. Werden chemische Substanzen geprüft, so müssen die Deckgläser, bzw. Granaten, nachdem sie aus der Giftlösung herausgenommen sind, mehrfach in destilliertem Wasser und womöglich vorher noch mit einer das Gift neutralisierenden Lösung) z. B. Schwefelammonium bei Sublimatanwendung) abgespült werden, damit keine Spur des Giftes in das Nährsubstrat übertragen wird und dort etwa hemmend auf das Wachstum wirkt. Die Kulturen werden längere Zeit im Brütofen gehalten; ist dann in denselben jede Bildung von Kolonien ausgeblieben, so sind die betreffenden Bakterien als getötet anzusehen. — Oder es wird das allmähliche Absterben einer größeren Anzahl von Bakterien in verschiedenen Zeiträumen beobachtet.

Auch eine Schädigung von parasitären Bakterien im tierischen Organismus (innere Desinfektion) kann durch solche Stoffe erfolgen, die mit größerer Affinität zu den Parasiten als zu den Organen ausgestattet, die also mehr „parasitotrop“ als „organotrop“ sind (Ehrlich).

Derartige chemotherapeutische Wirkungen hat man namentlich gegen Trypanosomen und Spirochäten (s. unten) beobachtet. Hier erwiesen sich Farbstoffe, wie Fuchsin, Methylviolett, Trypanrot usw. geeignet; ferner Arsenpräparate (arsenige Säure, Atoxyl, Salvarsan), Antimontrioxyd und Quecksilberpräparate. Auch die Wirkung des Chinins auf Malariaparasiten, sowie die der Kupreïnderivate und der Akridinverbindungen wie Trypaflavin auf Pneumokokken u. a. gehört hierher (s. unten).

Unter den in der Außenwelt wirksamen bakterientötenden und -hemmenden Einflüssen sind besonders beachtenswert diejenigen, welche innerhalb unserer natürlichen Umgebung ein Absterben von Bakterien in größerem Umfange zu bewirken vermögen. Dahin gehört

fortgesetztes Fehlen von Nährstoffen, infolgedessen sporenfreie Bakterien den Inanitionstod erleiden, und zwar einige Arten schon nach Stunden, andere erst nach Monaten und Jahren. In Kulturen von Cholerabazillen pflegen nach 36 Stunden nur noch 1% der gewucherten Bazillen am Leben zu sein. In ähnlicher Weise haben wir in jeder Bakterienkultur mit einem umfangreichen Absterben zahlreicher Individuen und dem Überleben relativ weniger besonders widerstandsfähiger zu rechnen. — Ferner erfolgt Schädigung durch gleichzeitig auf demselben Substrat wuchernde andere Bakterienarten und deren Stoffwechselprodukte (Säure, Alkali); sodann durch Temperaturen von 45—60°, wie sie namentlich an der besonnten Bodenoberfläche häufig vorkommen. Bereits früher hervorgehoben (S. 54) ist der Einfluß des Lichts, besonders des direkten Sonnenlichts. — In großem Maßstabe in der Natur wirksam ist noch die Wasserentziehung, das Austrocknen der Bakterien. Zahlreiche Mikrokokken, Spirillen und Bazillen vertragen durchaus keine intensivere Wasserentziehung. Die an trockenen Objekten haftenden Bakterien, namentlich die im ganzen empfindlicheren pathogenen, sind daher oft nicht mehr lebensfähig; solche Arten können auch niemals durch Luftstaub verbreitet werden, da in letzteren nur völlig trockene Organismen übergehen. Für die Infektionsgefahr, welcher wir durch eine bestimmte Spaltpilzart ausgesetzt sind, ist es daher von großer Bedeutung, ob die Individuen der betreffenden Art beim völligen Austrocknen sich lebensfähig erhalten (vgl. S. 88).

Die künstlich anwendbaren Tötungsmittel sind praktisch wichtig, weil sie unter Umständen zur Desinfektion, d. h. zur Befreiung der Kleider, Wohnungen usw. von Infektionserregern benutzt werden. Von diesen Mitteln, deren praktische Anwendung später zu erörtern ist, sei zunächst hohe Temperatur erwähnt. In flüssigen Substraten oder in Dampf sind 50—60° im allgemeinen ausreichend, um bei einer Einwirkungsdauer von 10—60 Minuten sporenfreie Bazillen und Mikrokokken zu töten. Einige Arten erfordern höhere Wärmegrade oder längere Einwirkung. Sporen gehen vielfach erst durch eine Temperatur von 100° zugrunde, welche 2—15 Minuten, bei einzelnen saprophytischen Arten sogar 5—16 Stunden einwirken muß.

Erfolgt die Erhitzung im trockenen Zustand und in relativ trockener Luft, so ist offenbar das Eindringen der Hitze erschwert und die das Absterben begleitenden Änderungen des Protoplasmas kommen nicht so leicht zustande, als wenn dieses einen gewissen Wassergehalt besitzt. Trockene Luft tötet daher dieselben Sporen erst bei einstündiger Einwirkung von 140—160° oder bei 48stündiger Einwirkung von 80°, welche in Wasser von 80° oder in Wasserdampf innerhalb 5—10 Minuten zugrunde gehen.

Niedere Temperaturen, auch unter 0°, wirken nur in geringem Grade schädigend. Manche besonders empfindliche Bakterienarten gehen durch Gefrieren zugrunde; von anderen Arten sterben die älteren Individuen ab; die Mehrzahl der sporenfreien und wohl alle sporenhaltige Bakterien bleiben dagegen lebensfähig.

Ferner sind zur Tötung der Bakterien die zahlreichen chemischen Substanzen geeignet, die auch zur Entwickelungshemmung benutzt werden. Die folgende Tabelle gibt eine Übersicht über die Wirk-

Bakterientötende Mittel	Vernichtet:			
	Strepto- und Staphylokokken	Milzbrand- Typhus-, Cholerabazillen		Milzbrandsporen
	innerh. 5 Min.	innerh. 5 Min	in 2–24 Std.	
Wasserstoffsuperoxyd	3:100	1:200	1:500	1:100 n 1 St.
Chlor	0·03 %	0·03 %	0·005 %	0·02 % in 1 St.
Jodtrichlorid	1:200	1:1000		1:1000 (½ Tg), 1 % sofort
Schwefel-od Salzsäure	1:10	1:100	1:1500 Typhus 1:700	1:50 n. 10 Tagen
Borsäure			1:30	unvollständig selbst in konz. Lösung
Kalilauge	1:5		1:300	
Ammoniak			1:300	
Soda			1:40	
Ammoniumkarbonat			1:100	
Ätzkalk		5:1000	1:1000	
Silbernitrat	1:2000		1:4000	1:1500 in Wasser 1:3000 in Serum
Quecksilberchlorid	1:1000	1:2000	1:10000	1:1000 2. St.
Kaliumpermanganat	1:200			1:50 in 40 Min.
Chlorkalk		1:100	1:500	
Alkohol	60 % n. 5 Min.	60 % n 10 Min.		
Chloroform			1:14	
Formalin	1:20	1:20	1:100	1:80 in 1½ St.
Karbolsäure	1:60	Cholera 1:200 Typhus 1:50	1:300	1:20 in 4 Tag. (bei 40° in 3 Stunden)
Kresolseife	1:40	1:40		1:10 n. 12 St.

samkeit der wichtigsten Bakterien, jedoch nur in ganz annähernder Weise, da die Einzelzahlen nicht nach einheitlicher und den oben präzisierten Forderungen entsprechender Methode gewonnen sind.

Chlor, Brom und Jod desinfizieren sehr energisch, sind aber in der Praxis der Desinfektion wenig anwendbar, weil sie alle Gegenstände zu stark beschädigen. Ozon wirkt erst in größerer Konzentration bakterientötend (s.

S. 73). Wasserstoffsuperoxyd desinfiziert schon— in 1%iger Lösung kräftig und ist praktisch verwendbar. — Die Mineralsäuren sind untereinander ziemlich gleichwertig; sporenfreie Bakterien werden durch 1%ige Lösung in wenigen Minuten vernichtet. Die Alkalien wirken in Form der Ätzalkalien zwei- bis dreimal schwächer als Säuren, erheblich geringer in Form der Karbonate. Die Ammonverbindungen stehen hinter den übrigen Alkalien zurück. Seifenlösungen sind sehr verschieden wirksam; die käufliche Schmierseife wirkt hauptsächlich durch Überschuß an freiem Alkali, der aber inkonstant ist; andere Seifen, insbesondere solche, welche gesättigte Fettsäuren enthalten, wirken erheblich besser. Im allgemeinen ist bei den käuflichen Seifen ein Desinfektionserfolg nur auf die gleichzeitige Erwärmung (50—60 °) zu schieben und von gleichwarmem Wasser nicht wesentlich verschieden. — Energisch desinfizierende Wirkung kommt dem Ätzkalk zu. Diesem weit überlegen sind aber Kupfer-, Silber-, Gold- und Quecksilbersalze. Zu letzteren gehören unsere wirksamsten und am meisten anwendbaren Desinfektionsmittel.

Unter den organischen Verbindungen ist das Chloroform als gutes Desinfiziens zu nennen; mit Chloroform gesättigtes Wasser tötet sporenfreie Bakterien rasch ab. Jodoform wirkt auf fast alle Bakterien gar nicht schädigend (Ausnahme: Cholerabazillen); zur Wundbehandlung ist es trotzdem verwendbar, weil anscheinend unter dem Einfluß gewisser Bakterien und Zersetzungen in der Wunde Abspaltung von Jod erfolgt. Formaldehyd in 40%iger wäßriger Lösung (Formalin) hemmt in 1 p. m.-Lösung die Bakterienwucherung; bei erheblich höheren Konzentrationen tötet es Bakterien, selbst Sporen. In Gasform ist Formaldehyd bei Einhaltung einer bestimmten Konzentration und Zeitdauer der Einwirkung imstande, alle auf den Flächen und in der Luft eines Zimmers vorhandenen pathogenen Bakterien abzutöten. Formaldehyd spielt daher in der Praxis der Desinfektion eine wichtige Rolle. — Auch verdünnter Äthylalkohol wird praktisch als Desinfektionsmittel verwendet, besonders zur Händesterilisation vor aseptischen Operationen. Absoluter Alkohol wirkt ganz unvollkommen, am besten 60%iger Alkohol. Gut wirksam auf der Haut ist Seifenspiritus; ferner Jodtinktur.

Verbreitete Desinfizienten finden sich unter den Körpern der aromatischen Reihe. Bis vor einigen Jahren hielt man die Karbolsäure für am besten wirksam; es zeigte sich aber, daß wirksamere Körper gegeben sind in den Kresolen (Oxytoluolen) und anderen homologen Phenolen, die neben Karbol im Teer und in der rohen Karbolsäure enthalten sind. Um die schwer löslichen, bzw. unlöslichen Kresole löslich zu machen, wird entweder Schwefelsäure zu roher Karbolsäure zugesetzt, so daß sich Kresolsulfosäuren (Sanatol, Automors, Aseptol) bilden, oder die Kresole werden mit Seifenlösung emulgiert (Kresolseifenlösung); oder die Kohlenwasserstoffe und Kresole des Teers werden durch Harzseife emulgiert (Kreolin); oder aus einem an Kresolen reichen Teeröl wird durch Leinölseife eine Lösung hergestellt (Lysol); oder die Kresole sind durch kresotinsaures Natrium (Solveol) bzw. durch Kresolnatrium (Solutol) in Lösung gebracht; oder endlich rohes Karbol ist mit Mineralöl gemischt, so daß die Mischung auf Wasser schwimmt, allmählich lösen sich dann von oben her Kresole in den zu desinfizierenden Flüssigkeiten (Saprol).

— Von diesen Präparaten ist in der Praxis am besten bewährt die offizinelle Kresolseife, Liquor Cresoli saponatus, ein Gemisch von gleichen Teilen Rohkresol und Kaliseife, das in 5%iger Lösung zur Verwendung kommt. — Neuerdings haben sich auch Chlorkresol-Präparate bewährt (Phobrol, Sagrotan). — Die infolge Seifenmangels während der Kriegszeit aufgekommenen zahlreichen Ersatzpräparate für Kresolseife (Kresotinkresol, Phenolut, Fawestol, Betalysol, Optikresol u. a. m.) stehen an Brauchbarkeit alle hinter dieser zurück und sollten jetzt wieder verschwinden.

Bemerkenswert sind unter den organischen Desinfizienten noch die ätherischen Öle, die in vielen Parfüms enthalten sind; ferner die Anilinfarbstoffe, wie Methylviolett (Pyoktanin) und Malachitgrün, die in Verdünnungen von 1 : 1000 manche sporenfreie Bakterien rasch abtöten. — Überraschend intensive Wirkung ist bei Chininpräparaten und Akridinderivaten beobachtet; auf Streptokokken z. B. wirkt Chinin in Lösung 1 : 4000 in kurzer Zeit tötend, noch stärker wirken die Derivate eines Nebenalkaloids, des Kupreïns, z. B. Aethylhydrokupreïn (Optochin), ferner besonders Isoamylhydrokupreïn (Eukupin) das 1 : 20 000 und Isoktylhydrokupreïn (Vucin), das 1 : 80 000, und Trypaflavin, das 1 : 200 000 in 24 Stunden tötend wirkt. Von diesen Substanzen sind auch therapeutische Wirkungen zu erwarten (Morgenroth, Klapp, Neufeld).

5. Die diagnostische Unterscheidung und systematische Einteilung der Spaltpilzarten.

Früher haben einige Botaniker wohl die Ansicht geäußert, daß die Spaltpilze ein derartiges Anpassungvermögen besitzen, daß sie ihre Form und ihre Funktionen je nach dem Substrat ändern, auf welchem sie gerade leben und daß daher Spezies mit konstanten Charakteren sich überhaupt nicht aufstellen lassen. Diese Ansicht hat jedoch keine Bestätigung gefunden. Wir sehen vielmehr, daß distinkte Spezies und Varietäten bei den Spaltpilzen in der nämlichen Weise existieren, wie bei den Schimmelpilzen und bei den höheren Pflanzen. Manche Spaltpilze bewahren sogar ihre Artcharaktere mit ganz besonderer Zähigkeit. Bei anderen dagegen beobachtet man allerdings mit der Variierung der Lebensbedingungen und namentlich an älteren Kulturen Abweichungen von ihrem sonstigen Verhalten, z. B. dauernden Verlust der Sporenbildung, der Farbstoffproduktion oder erbliche Anpassung an veränderte Temperatur und sonstige Lebensverhältnisse oder Zunahme der Virulenz oder auch gewisse morphologische Abweichungen, die man bei allmählicher Änderung am besten unter der Bezeichnung Transformationen zusammenfaßt. Treten diese Änderungen sehr plötzlich auf, so hat man ihnen wohl den Namen „Mutationen“ beigelegt, der aber bereits für einen besonderen Vorgang bei Organismen mit geschlechtlicher Vermehrung vergeben ist und sich nicht ohne weiteres auf Spaltpilze übertragen läßt.

Die beobachteten Abweichungen halten sich indes innerhalb solcher Grenzen, daß sie keineswegs zu einem völligen Verwischen aller Artcharaktere führen, sondern vielmehr einen Teil der Arteigentümlichkeiten bilden; je vollständiger sie erkannt werden, um so besser gelingt die Abgrenzung der Art.

Für die praktische Verwertung unserer Kenntnisse über die Mikroorganismen ist dies von außerordentlicher Bedeutung. Andernfalls würde weder jemals eine diagnostische Unterscheidung und Erkennung von Spaltpilzen möglich sein, noch könnten wir mit irgendwelcher Aussicht auf Erfolg mit Spaltpilzen experimentieren und zu wirklichen Fortschritten in der Erkenntnis des Verhaltens der Infektionserreger gelangen.

Als Klassifikationsprinzip eignen sich: **Erstens** morphologische Merkmale. Unter diesen scheint sich der Modus der Fruktifikation, also der Sporenbildung und Sporenkeimung, am konstantesten zu erhalten. Da diese Vorgänge indessen schwierig zu beobachten und für viele Bakterien noch gar nicht erforscht sind oder überhaupt nicht vorliegen, müssen vorläufig andere morphologische Merkmale zur Klassifikation benutzt werden, z. B. Form und Lagerung, Kapselbildung, Färbbarkeit, Zahl und Insertionsart der Geißeln usw. Vor allem ist die verschiedene Wuchsform der Bakterien als Mikrococcus, bzw. Bacillus (Bacterium) oder Spirillum in Betracht zu ziehen, da diese mit wenigen Ausnahmen von der einzelnen Art zäh festgehalten wird. Die systematische Einteilung der Spaltpilze stützt sich daher zweckmäßig zuvörderst auf drei große Abteilungen: Coccaceae, Bacillaceae (Bakteriaceae), Spirillaceae, wobei unter die Coccaceae nur solche Bakterienarten gerechnet werden, welche bei ihrer Vermehrung ausschließlich kugelige Individuen bilden; unter die Bacillaceae solche, welche für gewöhnlich als Stäbchen oder Fäden, zuweilen als Sporen, niemals aber als Mikrokokken, d. h. mit fortgesetzter Vermehrung in Kugelform vorkommen; und unter die Spirillaceae solche Arten, welche stets als kürzere oder längere Stücke von Schrauben erscheinen und bei ihrer Vermehrung immer wieder solche Schrauben produzieren.

Zweitens können biologische Merkmale zur Differenzierung benutzt werden. Vor allem bietet das Aussehen der Kolonien auf einem bestimmten Nährboden augenfällige Differenzen.

Berücksichtigt man zunächst nur einen sog. normalen Nährboden, z. B. die mehrerwähnte Nährgelatine, so zeigen bereits auf dieser die Kolonien verschiedener Arten ganz ungleiches Aussehen. Auf den Platten bildet die eine Art weiße trockene Häufchen, die andere weiße schleimige Tropfen, eine dritte Kolonie

verflüssigt die Gelatine in ihrem Umkreis und sinkt auf den Boden des hergestellten Verflüssigungskraters; wieder andere Kolonien zeigen lebhaft gelbe, grüne, rosarote, dunkelrote Farbe. — Ferner zeigt das mikroskopische Bild der jüngsten Kolonien sehr charakteristische Differenzen. Sie erscheinen bald als runde, scharf konturierte, bald als unregelmäßige Scheiben mit vielfach gezacktem und gezähntem Kontur. Bald sind sie weißlich oder hellgelb von Farbe, bald dunkelbraun bis schwarz; bald zeigen sie eine homogene Oberfläche, bald ist diese von tiefen Furchen durchzogen. Auch die sogenannten „Stich- und Strichkulturen" in Nährgelatine liefern manches interessante Merkmal.

Oft bietet die Art des Wachstums auf anderen Nährsubstraten und deren Zersetzung brauchbare Unterschiede. Z. B. wachsen manche Bakterien auf Nährgelatine gleich, aber auf Kartoffeln, auf zuckerhaltigen Nährboden u. dgl. völlig verschieden. Auch die übrigen Lebensbedingungen oder aber die Absterbebedingungen gewähren Unterscheidungsmerkmale, wenn die Kulturmethoden versagen. Manchmal zeigt uns das Tierexperiment noch Unterschiede zwischen zwei Arten, welche im übrigen als völlig gleich erscheinen.

Ist eine kleine Gruppe unter sich sehr ähnlicher Bakterienarten aus der Menge der übrigen abgegrenzt, so lassen sich innerhalb dieser Gruppe oft mit Vorteil wieder morphologische Differenzen, Besonderheiten in der Aufnahmefähigkeit für Farbstoffe (Gramsche Färbung u. dgl.) verwerten. Schließlich geben uns die im Tierkörper durch eindringende Bakterien einer bestimmten Art gebildeten Schutzstoffe des Serums ungemein feine und wichtige Hilfsmittel zur Unterscheidung ähnlicher Bakterienarten voneinander.

Findet man zwischen zwei Bakterienarten, von denen verschiedenartige Wirkungen auszugehen scheinen, keine morphologische oder biologische Differenzen, so ist man offenbar nicht berechtigt, infolge eines solchen Mangels von merklichen Differenzen die Bakterien als identisch und beide Krankheiten als ätiologisch einheitlich anzusehen. Unsere Mittel zur Untersuchung und Unterscheidung der Bakterien sind gegenüber deren unendlichen Kleinheit doch noch so unzulänglich, daß sehr wohl typische Differenzen existieren können, welche sich bis jetzt unserer Wahrnehmung entziehen.

e) Protozoen.

Unter Protozoen versteht man die niedersten tierischen Lebewesen, deren Abgrenzung von den einfachsten Pflanzen zuweilen auf Schwierigkeiten stößt.

Die Protozoen sind einzellig; es findet sich aber eine gewisse Differenzierung ihres zähflüssigen Plasmas, durch welche die Organe der höheren Tiere (Metazoen) einigermaßen ersetzt werden; die differenzierten Körperteile werden daher als Organellen bezeichnet. Man unterscheidet:

1. Stütz- und Schutzorganellen. Das Zellplasma besteht aus flüssigerem Hyaloplasma und zäherem Spongioplasma; letzteres bildet eine wabenartige Gerüstsubstanz, deren Hohlräume mit Hyalo-

plasma gefüllt sind. Dichteres zur Erhaltung konstanter Eigenform geeigneteres Plasma führt z. B. zum Periplast bei Flagellaten, zur Cutikula bei Gregarinen, ferner zu den in der Längsachse von Flagellaten verlaufenden Achsenfibrillen. — Andere mehr zum Schutz als zur Stütze dienende Verdichtungen führen zur Zysten- oder Schalenbildung.

2. Bewegungsorganellen. Die Fortbewegung erfolgt entweder durch Aussenden von Pseudopodien, die infolge von Änderungen der Oberflächenspannung bald hier bald da hervortreten. Oder durch Geißeln, die entweder direkte feine Plasmafortsätze sind, oft mit elastischer Achsenfibrille als Stütze oder die zunächst als Randfaden auf einer undulierenden Membran, einer dünnen an beiden Seiten des Zelleibs heraustretenden Plasmalamelle, sich hinziehen. Die Hauptgeißeln befinden sich am Vorderende; die hinteren sind sog. Schleppgeißeln, die wesentlich als Steuerruder dienen. — Bei vielen Protozoen kommt Bewegung durch Wimpern zustande, haarförmige Plasmafortsätze, die zu Wimperplättchen verschmelzen können.

3. Stoffwechselorganellen. a) Eine Art Mundöffnung, die der Nahrungsaufnahme bei solchen Protozoen dient, die nicht nur auf osmotischem Wege, sondern auch geformte Nahrung einführen; b) die Nahrungsvakuole, eine bläschenförmige Wasseransammlung, in welche Säure und Fermente sezerniert werden und die der Verdauung dient; c) eine pulsierende Vakuole (bei Süßwasserprotozoen), die in regelmäßigen Pausen sich füllt und entleert = Atmungs- und Exkretionsorganelle.

4. Der Kernapparat. Der Kern ist von sehr verschiedener Form; bei der Teilung zeigt er oft Spindelform. Entweder ist er massiv, scheibenförmig oder bläschenförmig; in letzterem Falle ist eine Art Membran zu unterscheiden, zentral ein runder, stark färbbarer Innenkörper = Caryosom. Zwischen beiden zieht sich ein achromatisches (nach Romanowski-Giemsa blau gefärbtes) Netzwerk aus Plastin hin, und auf diesem findet sich in Form von Strängen und Körnern das nach Romanowski-Giemsa rot gefärbte Chromatin. Schädliche Einflüsse verschieben oft das normalerweise konstante Verhältnis zwischen Plastin und Chromatin, so daß z. B. das Plastin übermäßig wuchert und das Chromatin schrumpft und umgekehrt. — Häufig bleibt bei dem häufigen Formenwechsel des Caryosoms nur ein kleines Körnchen, das Centriol, übrig. Oft findet man auch normalerweise kleine die Chormatinfärbung annehmende Elemente im Plasma = Chromidien.

Bei manchen Protozoen begegnet man zwei Kernen, von denen der eine z. B. beim Stoffwechsel, der andere bei der geschlechtlichen Ver-

mehrung beteiligt ist. Bei den hier besonders interessierenden Flagellaten fungiert ein größerer Kern als Hauptkern, und neben diesem besteht ein besonderer lokomotorischer Kern, der Blepharoplast, von dem die Geißeln ihren Ursprung nehmen. In manchen Fällen entspringen sie einfachen oder doppelten Basalkörpern, die mittels Fibrillen (Rhizoplasten) mit dem Kern in Verbindung stehen.



Fig. 150.
Amöbenabteilung, 500:1.

Die Fortpflanzung vollzieht sich 1. durch Schizogonie; und zwar entweder durch einfache Quer- bzw. Längsteilung, s. Fig. 150 (bei inäqualen Teilen = Knospung); oder durch rasch nacheinander fortgesetzte Teilung, so daß zahlreiche kleine Elemente entstehen = Zerfallsteilung, Schizontenbildung (s. Fig. 151). Jedes der neuentstandenen Individuen erhält dabei einen Teil des Chromatins. — 2. Durch Befruchtung und Sporogenie. Das Wesentliche der Befruchtung besteht in einer Verschmelzung zweier Kerne und folgender Reduktion der chromatischen Substanz der verschmolzenen Kerne. Sie kann auf die Fortpflanzung ohne Einfluß sein, indem diese sich agametisch vollzieht; meist aber besorgen da, wo besondere Geschlechtsformen gebildet werden und Befruchtungsvorgänge stattfinden, diese auch die Fortpflanzung. Letzteres kann geschehen 1. durch Kopulation; dabei bilden sich zunächst geschlechtlich differenzierte Gameten (im Gegensatz zu den Agameten, Zellen, die nicht für die Kopulation bestimmt sind); solange die kopulierenden Zellen noch keine reduzierten Kerne zeigen, bezeichnet man sie als Gametozyten. Gleichartige Gameten heißen Isogameten, ihre Vereinigung Isogamie, das Produkt Zygoten; sind die Gameten in Form, Größe usw. verschieden, so entsteht Anisogamie. Die weiblichen nennt man Makro-, die männlichen Mikrogameten. Beide verschmelzen eventuell unter Bildung einer „Kopulationsspindel" zu einem neuen Individuum, das sich encystiert und innerhalb der widerstandsfähigeren Hülle zunächst einige größere kugelige Gebilde, Sporoblasten, und in diesen schließlich kleine Sporozoïten, meist von sichelförmiger Gestalt, entstehen läßt (s. Fig. 153). — Oder 2. die Befruchtung erfolgt durch Konjugation, bei der nur vorübergehende Anlagerung zweier Zellen und Überwanderung eines männlichen Kerns stattfindet, der darauf mit dem weiblichen stationären Kern verschmilzt. Oder 3.

durch Autogamie, bei der die Bildung von zwei Gametenkernen und deren Verschmelzung in ein- und demselben Individuum erfolgt.

Die Schizogonie ist die gewöhnliche Art der Vermehrung, solange die Lebensbedingungen die gleichen bleiben. Tritt aber irgendeine Änderung ein, oder ist bei parasitierenden Protozoen der Wirt durchseucht, so daß es für den Parasiten an geeigneten Wirtszellen fehlt







Fig. 151. Schizogonie, 1000:1.
a junge Amöben in einer Wirtszelle. *b* dieselbe herangewachsen. *c* dieselbe in Schizogonie.



Fig. 152.
Encystierung und Sporozoïtenbildung bei Amöben, 500:1.

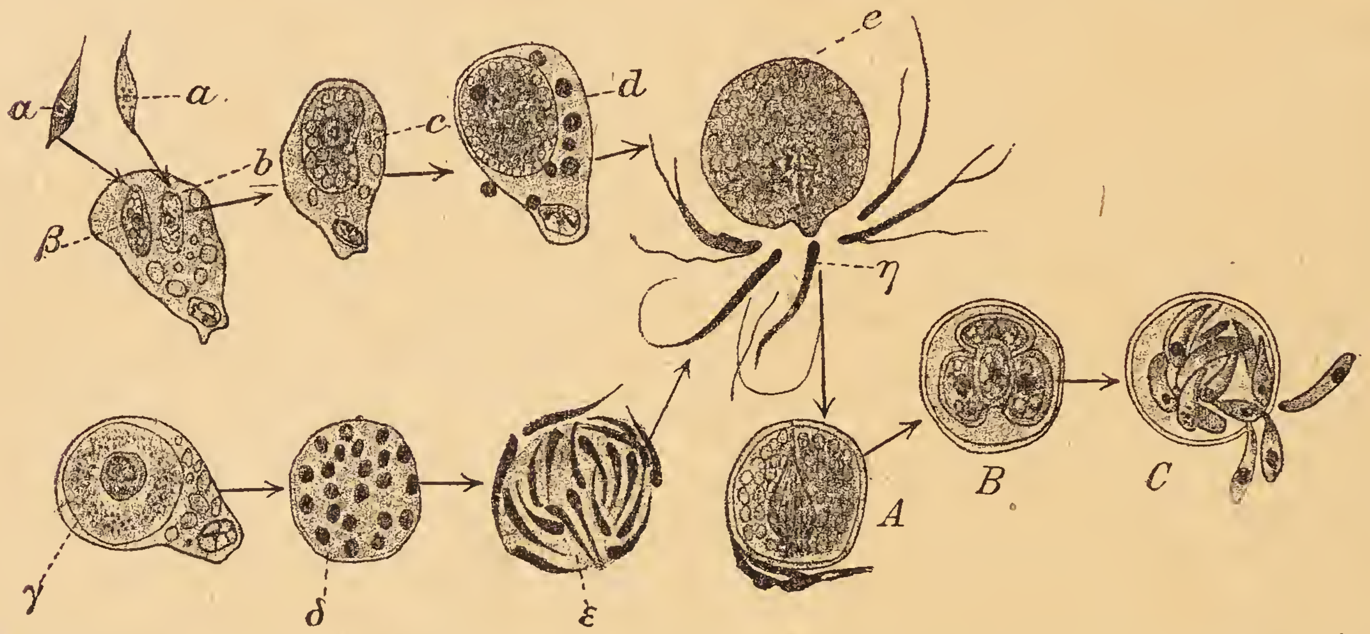


Fig. 153. Geschlechtliche Kopulation bei Protozoen. *a*–*e* allmähliche Entwickelung des weiblichen Gameten. *α*–*η* allmähliche Entwickelung des männlichen Gameten. *A* Vollendete Kopulation. Bildung der Kopulationsspindel. *B* Encystierung und Sporoblastenbildung. *C* Sporozoïten.

und ein Wirtswechsel nötig wird, dann tritt für die nunmehr bevorstehend starke Änderung der Lebensbedingungen ein Schutz im Sinne eines Generationswechsels ein, der mit geschlechtlicher Befruchtung und Produktion widerstandsfähiger Parasiten einhergeht; bei Parasiten z. B. dann, wenn sie aus dem Körper des Warmblüters in Boden oder Wasser übergehen müssen, um einen neuen Wirt zu infizieren, oder wenn sie in diesen nur durch Zwischenwirte aus dem Reiche der Kaltblüter (Mücken, Zecken, Fliegen) gelangen können.

Die Protozoen leben teils saprophytisch, sind dann an feuchte Substrate gebunden und sehr abhängig von der Temperatur. Sie können sich sowohl von gelösten Stoffen nähren, wie von festen Teilchen, die sie erst intrazellular auszunützen versuchen. Eine Züchtung solcher Protozoen gelingt in Salatinfus u. dgl. (s. S. 131). — Teils leben sie als Parasiten bei höheren Tieren, sei es daß sie nur als Kommensalen ohne Schädigung des Wirts von dessen Abfallstoffen leben oder als Sym-

bionten sogar dem Wirt gewisse Vorteile gewähren, oder daß sie als echte Parasiten dem Wirt durch ihre Wucherung Schaden bringen. Die parasitische Existenz spielt sich bei vielen Protozoen (Flagellaten) nur in den Flüssigkeiten des Wirts, im Blutplasma, in der Lymphe, in den Sekreten usw. ab; andere Arten schmarotzen dagegen ausschließlich in Zellen, viele in den Erythrozyten, andere in fixen Zellen, z. B. Epithelzellen des Darms, der Gallengänge usw. Einige Arten bewohnen sogar die Kerne bestimmter Wirtszellen. — Bei parasitierenden Protozoen gelingt eine Kultur nur schwierig; bei einzelnen Arten ist auf Blutagar eine gewisse Vermehrung beobachtet.

B. Allgemeines über Verbreitungsweise und Bekämpfung der parasitären Krankheiten.

Zum Zustandekommen einer parasitären Erkrankung gehört ein organisierter Krankheitserreger und ein „disponierter" Wirt, in welchen der Erreger eindringen und in dem er sich vermehren kann. Der Parasit ist oft mit Aggressinen, sog. Angriffsstoffen, welche die Schutzkräfte des Wirts paralysieren oder mit Toxinen ausgerüstet; letztere müssen an giftempfängliche Zellen des Wirts sich verankern können. Vermag ein Mekroorganismus sich durch diese Mittel in einem bestimmten Wirt zu behaupten, so ist der Mikrobe für jenen Wirt infektiös, virulent. Fehlen ihm diese Eigenschaften, so ist er für ihn avirulent. Derselbe Mikrobe kann aber andere empfängliche lebende Organismen schädigen und unter Umständen sogar jenen vorher unempfänglichen Wirt, dadurch daß er z. B. in totem Substrat (Darminhalt, Lochien des puerperalen Uterus usw.) sich vermehrt und hierbei resorbierbare Ektotoxine liefert.

Andererseits kommt es häufig vor, daß infektiöse Mikroben einen lebenden Organismus nicht gefährden; entweder weil das befallene Individuum keine giftempfänglichen Zellen (Organe) hat, oder weil der Erreger zwar als Epiphyt auf der Haut oder auf Schleimhäuten wuchert, aber durch Epidermis, Epithel und Sekrete am Eindringen in die inneren Organe gehindert wird.

Für viele Parasiten ist eine bestimmte Invasionsstelle erforderlich, damit sie Infektion hervorrufen können (z. B. der Darm für die Cholerabazillen); für andere existieren multiple Invasionsstätten (Tuberkelbazillus).

Die Wirkungen der eingedrungenen Krankheitserreger, die sich meist erst nach einer gewissen durch die Überwindung der Schutz-

kräfte des Wirts und durch die eigene Vermehrung ausgefüllten Inkubationszeit bemerklich machen, sind teils lokale, teils allgemeine.

Lokale Erscheinungen sind gewöhnlich schon an der Invasionsstelle zu beobachten. In manchen Fällen hinterläßt aber der Parasit hier keine Spur, sondern macht erst an einer ferneren Prädilektionsstelle oder gar erst an seiner Austrittsstelle Symptome. Entweder kommt es zu einfach entzündlichen Erscheinungen und zu serösen oder fibrinösen Exsudaten; oder infolge der chemotaktischen Anlockung durch Bakterienproteïne erscheinen Massen von Leukozyten und es entsteht Eiterung; oder es gesellen sich als Effekte besonderer Toxine Nekrosen hinzu; oder es entstehen spezifische proliferative Entzündungen, infektiöse Granulationsgeschwülste. Oft gehen verschiedenste dieser Wirkungen nebeneinander her.

Nicht selten kommt es zu einer örtlichen Abgrenzung des lokalen Herdes, und Allgemeinwirkungen bleiben aus. In anderen Fällen macht die Ausbreitung der Parasiten unaufhaltsame Fortschritte, sei es, daß sie sich in contiguo ausbreiten, also z. B. immer neue Partien der infizierten Schleimhaut ergreifen, oder daß sie auf dem Wege der Lymphbahnen weiter vordringen, oder daß sie in die Blutbahn einbrechen und nun mit dem Blut zu disponierten Organen des Körpers gelangen. Ist nach einem solchen Einbruch das Blut nicht einfach Vehikel für die Parasiten, sondern vermehren sich letztere in den Kapillargebieten eines oder mehrerer Organe, so treten die Erscheinungen der Sepsis oder Septikämie (mit ungeeignetem Ausdruck als „Blutvergiftung" bezeichnet) zutage. Haben solche Sepsis veranlassende Parasiten die Neigung, sich zu dichten Haufen zusammenzulagern, so entstehen Gefäßverstopfungen und in deren Umgebung eitrige Abszesse; losgerissene Teile werden leicht in andere Gefäßbezirke verschleppt und bewirken Metastasen in anderen Organen (Pyämie).

Allgemeinwirkungen der Parasiten gehen entweder von den lokalen Herden aus, und sind dann auf Resorption löslicher (löslich gewordener) Toxine und Enzyme zurückzuführen; oder sie schließen sich in besonders hohem Grade an die stärkere Ausbreitung der Invasion an. Sie beruhen teils auf der Produktion spezifischer Ektotoxine (Diphtherie, Tetanus) mit Wirkung auf das Zentralnervensystem, auf das Zirkulationszentrum usw.; teils auf Fiebererregung, auf Beeinflussung der Leukozytose (meist Hyperleukozytose), auf Produktion von Hämolysinen, von Stoffen, welche hämorrhagische Diathese oder entzündliche oder nekrotische Prozesse an verschiedenen Stellen des Körpers hervorrufen u. a. m. Auch schwere chronisch verlaufende Ernährungsstörungen, amyloide Degeneration, nervöse Störungen treten im Gefolge mancher Infektionen auf.

Sehr häufig kommt es zu Mischinfektionen, bei denen zwei oder mehr verschiedene Krankheitserreger nacheinander oder gleichzeitig eindringen. Fast niemals erfolgt dadurch eine Störung der Infektion, sondern letztere wird schwerer und führt schneller zu einem ungünstigen Ausgang. Am gefährlichsten sind in dieser Beziehung die oben erwähnten Epiphyten der Schleimhäute. Ihnen wird durch die Ansiedelung eines neuen Krankheitserregers der Einbruch in den Körper ermöglicht und oft fällt gerade ihnen schließlich der Hauptanteil an den Krankheitserscheinungen und an der Zerstörung des Körpers des Wirts zu.

Die Epiphyten erschweren häufig die Feststellung der ätiologischen Bedeutung einer bei Erkrankten gefundenen Mikrobenart. Im allgemeinen stehen uns zur Entscheidung der Frage, ob ein Mikrobe als Krankheitserreger anzusehen ist, folgende Mittel zu Gebote: 1. Züchtung des Mikroben auf künstlichem Nährsubstrat und nach wiederholten Übertragungen Verimpfung einer kleinen Kulturmenge auf Versuchstiere mit solchem Erfolg, daß Krankheitserscheinungen und pathologisch anatomische Veränderungen auftreten, die den beim erkrankten Menschen beobachteten ähnlich sind (Beispiel: Tuberkulose). Statt des Tierexperiments können auch Versuche mit Kulturen an Menschen den vollen Beweis erbringen; solche sind bei einigen Krankheiten absichtlich angestellt (Staphylokokken-Eiterung, Erysipel, Gonorrhöe, Ulcus molle, Cholera), bei anderen haben sie sich durch ein Versehen im Laboratorium ereignet (Cholera, Typhus, Pest, Rotz). 2. Wenn es an empfänglichen und in spezifischer Weise reagierenden Versuchstieren fehlt, und wenn auch Fälle von Kulturübertragung auf Menschen nicht vorliegen, so kann aus der Konstanz und Ausschließlichkeit des Vorkommens der Mikrobenart bei der fraglichen Krankheit auf die ätiologische Bedeutung geschlossen werden. Der Nachweis des konstanten Vorkommens in jedem einzelnen Krankheitsfall ist keineswegs als ausreichender Beweis anzusehen (z. B. Kolibakterien bei Cholera, Streptokokken bei Scharlach); sondern es gehört durchaus noch dazu, daß die gefundene Art bei anderen Erkrankungen oder bei Gesunden nicht vorkommt. Letztere Bedingung bedarf aber wiederum einer Einschränkung, seit bekannt geworden ist, daß Rekonvaleszenten und unempfängliche Menschen oft spezifische Krankheitserreger lange Zeit beherbergen (Typhus, Cholera, Meningitis, Diphtherie usw.). Der Beweis der Ausschließlichkeit des Vorkommens ist in diesen Fällen schwer zu führen; am ehesten noch dann, wenn die Krankheit nur in größeren Intervallen epidemisch auftritt (Cholera) und wenn bei Gesunden nur zu Epidemiezeiten oder nur bei solchen, die in Konnex mit Kranken und Trägern gestanden haben, die Mikroben gefunden werden. 3. Der Nachweis, daß die Krankheitserscheinungen und namentlich die pathologisch anatomischen Veränderungen beim Erkrankten in der Zahl und Verteilung der gefundenen Mikroben ihre volle Erklärung finden. Auch dieses Beweismittel kann in den Fällen versagen, wo die Krankheitserreger selbst im Körper des Erkrankten zum großen Teil zugrunde gehen, so daß sie nur in Schnitten oder Ausstrichen des frisch erkrankten Gebiets nachweisbar sind (Erysipel, Tuberkulose). — Beteiligen sich regelmäßig und in hervorragendem Maße Epiphyten bei einer Invasion spezifischer Mikroben, und sind letztere unbekannt, erstere aber bekannt und leicht nachweisbar, so kann auch das dritte Beweis-

moment anscheinend vorhanden sein, und die Epiphyten werden um so leichter als eigentliche Erreger angesprochen. Das Vorkommen derselben Mikroben bei anderen Krankheiten und bei Gesunden schützt dann einigermaßen, aber nicht vollkommen vor Verwechslungen (Streptokokken, Schweinepest).

Alle parasitären Krankheiten sind vom Erkrankten auf empfängliche Gesunde fortgesetzt übertragbar. Die Übertragung kann in manchen Fällen auf Schwierigkeiten stoßen; vielleicht ist sie nur in einem begrenzten Stadium der Krankeit und unter Anwendung eines bestimmten Übertragungsmodus (Blutüberimpfung, Zwischenwirt) ausführbar. Immerhin ist die Möglichkeit der Überimpfung vorhanden, solange die Parasiten im befallenen Körper leben und sich vermehren und hierdurch die Infektion bewirken.

In der fortgesetzten Übertragbarkeit liegt der wesentlichste Unterschied gegenüber den Intoxikationen. In früherer Zeit hat man diese Grenze nicht scharf genug gezogen; insbesondere nahm man an, daß Infektionskrankheiten auch durch ein Miasma, d. h. durch gasförmige, chemische Körper, die nicht reproduktionsfähig sind, entstehen können. Riechende oder nichtriechende Gase, Emanationen des Bodens usw. stehen aber in gar keiner ätiologischen Beziehung zu irgendeiner Infektionskrankheit, und der Begriff der „miasmatischen Infektionskrankheiten“ ist völlig fallen zu lassen.

Mit der Übertragbarkeit ist aber noch nichts ausgesagt über die natürliche Verbreitungsweise der parasitären Krankheiten. In bezug hierauf sind namentlich zwei Gruppen zu unterscheiden:

Erstens: Parasitäre Krankheiten, welche sich nur vom Kranken aus auf den Gesunden verbreiten, so daß der Kranke immer das Zentrum für die Ausbreitung bildet. Die Erreger dieser Krankheiten verlassen den Körper des Kranken in infektionstüchtigem Zustand und gehen unverändert, entweder direkt oder durch Vermittelung von Wäsche, Kleidern usw. oder nach einem Aufenthalt auf der Haut oder Schleimhaut unempfänglicher Menschen auf empfängliche Individuen über (Diphtherie, Pocken, Typhus usw.). — Diese Krankheiten werden als kontagiöse, ansteckende, bezeichnet. Sie veranlassen häufig zeitlich und örtlich begrenzte Epidemien von verschiedener Ausdehnung.

Zweitens: Krankheiten, bei welchen der Kranke für die Verbreitung keine wesentliche Rolle spielt, wo die Infektion vielmehr von irgendeinem Teil der Umgebung aus erfolgt, in welchem die Erreger ohne merkliche Mitwirkung eines Kranken verbreitet sind. Daß der Kranke hier nicht das offenbare Zentrum für die Übertragung bildet, kann daran liegen, daß die Infektionserreger den Kranken nicht in infektionstüchtigem Zustand verlassen, sondern vielleicht erst in Zwischenwirten eine Reifung erfahren müssen (Malaria, Trypanosen usw.); oder daran,

daß die Erreger in der Umgebung bzw. als Epiphyten sehr verbreitet sind oder sich dort ausgiebig zu vermehren pflegen, so daß die im Kranken vorhandenen und von ihm ausgeschiedenen Erreger demgegenüber gar nicht in Betracht kommen (Eiterkokken, malignes Ödem, Tetanus, Erreger von Cholera infantum). — Diese übertragbaren Krankheiten bezeichnet man als nicht sinnfällig kontagiöse (früher weniger zutreffend als „ektogene").

Beide Gruppen von Krankheiten lassen gewisse Übergänge erkennen. Unter den Erregern der kontagiösen Krankheiten gibt es obligate Parasiten, die nur im Körper des Warmblüters wuchern (akute Exantheme). Andere aber sind künstlich kultivierbar und auch unter natürlichen Verhältnissen zuweilen einer gewissen saprophytischen Vermehrung fähig (fakultative Saprophyten). Indes ist diese Vermehrung gewöhnlich nicht derartig, daß den in der Umgebung neu gebildeten Individuen ein irgend wesentlicher Anteil an der Verbreitung zukommt; sondern die unverändert konservierten, vom Kranken ausgeschiedenen Erreger veranlassen ganz überwiegend die Infektion (Typhus, Cholera, Milzbrand). — Zuweilen scheint es aber vorzukommen, daß bei denselben Krankheiten die äußeren Verhältnisse einer Wucherung der Erreger besonders günstig sind; oder daß infolge zahlreichster Erkrankungen und mangelhafter Beseitigung der von Kranken ausgeschiedenen Erreger eine äußerst umfangreiche Ausstreuung stattgefunden hat. In diesem Falle ändert sich das Bild der Verbreitungsweise. Es ist dann die Nähe eines Kranken und eine nachweisbare Verbindung mit einem solchen nicht mehr erforderlich, um die Infektion hervorzurufen, sondern es treten die Infektionen von beliebigen Teilen der Umgebung aus in den Vordergrund (Cholera, Milzbrand im endemischen Gebiet) und die Krankheit nähert sich dem Typus der nicht kontagiösen parasitären Krankheiten.

Andererseits können auch die Erreger der letzteren Krankheiten ausnahmsweise vom Kranken auf den Gesunden übertragen werden: so die Malaria durch Überimpfung von Blut, malignes Ödem und Tetanus beispielsweise durch Injektionsspritzen, welche erst beim Kranken und dann beim Gesunden gebraucht waren. In schlecht geleiteten Hospitälern können die meisten Eiterungen durch Kokken veranlaßt werden, die mehr oder weniger direkt von anderen Kranken stammen. Ferner scheint es vorzukommen, daß Krankheitserreger im befallenen kranken Menschen erheblich an Virulenz zunehmen, so daß die vom Kranken ausgeschiedenen Erreger viel leichter in neuen Opfern sich Invasionsstätten schaffen und dadurch sich in ihrer Verbreitungsweise den Kontagien nähern (Pneumokokken).

Durch eine solche Teilung in zwei große Gruppen ist indes die Verbreitungsweise der einzelnen parasitären Krankheit nicht genügend gekennzeichnet, um daraus die im Einzelfalle erforderlichen Bekämpfungsmaßregeln abzuleiten.

Bei den durch Kontagien übertragbaren Krankheiten macht sich vor allem ein sehr verschiedener Grad von Kontagiosität

bemerkbar. Kranke, die an einer bestimmten kontagiösen Krankheit leiden, können sehr wohl nebeneinander im gleichen Zimmer liegen, ohne sich anzustecken, weil bei der betreffenden Krankheit erst innige Berührungen oder Anhusten die Übertragung bewirken; bei anderen kontagiösen Affektionen ist dagegen die Umgebung des Kranken in weitem Umkreis gefährdet. Die Ansteckung verläuft daher keineswegs bei allen kontagiösen Krankheiten gleichmäßig; und es darf eine Krankheit nicht aus der Kategorie der kontagiösen deshalb gestrichen werden, weil ihre Ausbreitungsart dem Bilde gewisser stark kontagiöser Krankheiten nicht entspricht. Auch Kranke mit Krätze und Läusen können bei einiger Vorsicht und Reinlichkeit mit anderen Kranken in einem Zimmer gehalten werden, ohne daß Übertragungen stattfinden; und doch wird niemand deshalb leugnen, daß für gewöhnlich die Übertragung dieser Parasiten von Mensch zu Mensch erfolgt.

Am stärksten kontagiös sind offenbar diejenigen Infektionskrankheiten, bei welchen große Massen resistenter Errger auf verschiedensten Wegen, durch Hustentröpfchen, Auswurf und andere Exkrete und durch allerlei Gebrauchsgegenstände usw. vom Kranken aus verbreitet werden und oft noch nach Monaten und Jahren in infektionstüchtigem Zustande auf gesunde Menschen gelangen; bei welchen außerdem die Erreger an mehrfachen, leicht zugänglichen Invasionsstätten in den Körper des Gesunden eindringen, und für welche eine sehr verbreitete Disposition vorhanden ist (Pocken, Masern). Geringer wird die Kontagiosität, wenn zwar die vom Kranken ausgeschiedenen Erreger zahlreich, resistent und auf verschiedenen Wegen transportfähig sind, wenn aber die Empfänglichkeit des Gesunden beschränkt ist (Scharlach). Bedeutend verringert wird die Kontagiosität, wenn die Erreger nur in bestimmten Exkreten des Kranken abgeschieden werden, wenn sie dazu von beschränkter Lebensdauer sind, ferner wenn sie durchaus an eine bestimmte Invasionspforte, z. B. in den Darm gelangen müssen, um Infektion auszulösen, und wenn bei Gesunden hier noch gut funktionierende Schutzvorrichtungen den eingedrungenen Erregern entgegenwirken (Cholera). Noch beschränktere Gefahr geht schließlich von den Kontagien aus, die so wenig resistent sind, daß die Ansteckung fast nur durch bewußte Berührung mit völlig frischem Sekret des Kranken zustande kommt (Syphilis).

Auch die Erreger der nicht sinnfällig kontagiösen Infektionskrankheiten gefährden den Menschen in sehr verschiedenem Grade. Die weit verbreiteten Eiterkokken, die in jeder kleinsten Wunde eine Ansiedelungsstätte finden, bewirken zahllose Infektionen. Die Ödem- und Tetanusbazillen sind ebenso allgemein verbreitet, führen aber unendlich viel seltener zur Infektion, weil es dazu disponierender Wunden von ganz bestimmter Beschaffenheit bedarf. Die Malariainfektionen sind wiederum auf solche Örtlichkeiten und solche Jahreszeit beschränkt, in denen bestimmte Stechmücken schwärmen, die Trypanosen auf Gegenden mit bestimmten Stechfliegen usw.

Um bei der großen Menge ausgesprochener Differenzen die Gesetzmäßigkeiten in der natürlichen Verbreitung der Infektionskrankheiten schärfer zu erkennen und danach den Bekämpfungsplan zu organisieren, wird es nötig sein, die einzelnen, im vorstehenden nur flüchtig hervorgehobenen einflußreichen Momente in bestimmter Reihenfolge genauer zu besprechen, nämlich:

1. Die Infektionsquellen (Infektionsgelegenheiten), d. h. diejenigen Teile der menschlichen Umgebung (eingerechnet die Haut und die Schleimhautoberflächen), welche mit infektionstüchtigen Parasiten behaftet sind. Es wird festzustellen sein, welche Infektionsquellen bei den einzelnen Krankheiten vorzugsweise in Betracht kommen, wie lange diese Gefahr bieten, unter welchen natürlichen Verhältnissen sie ihre Gefährlichkeit einbüßen. Gegen die Infektionsquellen und die in ihnen enthaltenen Parasiten werden wir bei der Bekämpfung der Infektionskrankheiten in erster Linie vorgehen müssen; und zwar können wir dabei entweder ihre Fernhaltung vom Gesunden oder ihre mechanische Beseitigung oder die Abtötung der an ihnen haftenden Parasiten ins Auge fassen.

2. Die Transportwege (Infektionswege), d. h. die Wege, auf welchen der Transport der Parasiten von den Infektionsquellen zu der geeigneten Invasionsstelle beim Gesunden vermittelt wird, und die je nach den vorhandenen Schutzvorrichtungen und je nach der Disposition des Organs, zu welchem sie die Krankheitserreger führen, große Verschiedenheiten aufweisen. Auch diese Wege werden sich künstlich einengen lassen und somit in der Bekämpfung der Infektionskrankheiten eine Rolle spielen.

3. Die Empfänglichkeit bzw. Unempfänglichkeit des Gesunden gegenüber den Parasiten. Durch angeborene oder erworbene Unempfänglichkeit größerer Menschengruppen kann die natürliche Verbreitung von parasitären Krankheiten erfahrungsgemäß erheblich beeinflußt werden. Vor allem aber ist die absichtliche künstliche Abschwächung der individuellen Empfänglichkeit ein mächtiges, in neuerer Zeit besonders beachtetes Hilfsmittel im Kampfe gegen gewisse Infektionskrankheiten.

4. Örtliche, oft auch zeitlich wechselnde Einflüsse machen sich anscheinend bei der Ausbreitung einer parasitären Krankheit begünstigend oder hemmend bemerkbar. Es wird sich fragen, worauf diese Mitwirkung beruht, und man wird versuchen müssen, auch die Erkennung dieser Einflüsse zur Bekämpfung der parasitären Krankheiten auszunutzen.

I. Die Infektionsquellen.

A. Beschaffenheit und Bedeutung der einzelnen Infektionsquellen.

Bei den *kontagiösen* Krankheiten kommen als weitaus wich-
welchen große Massen resistenter Erreger auf allen Wegen, durch Anhusten, durch
tigste Infektionsquelle die frischen, verdünnten *Absonderungen des lebenden Kranken* in Betracht. Die in den Absonderungen ausgeschiedenen Infektionserreger *gehen*, wenn sie erst auf diese oder jene Teile der Umgebung verschleppt sind, häufig nach kürzerer oder längerer Zeit *zugrunde* oder werden geschwächt, sei es durch Austrocknen, Inanition, Belichtung, Konkurrenz mit Saprophyten oder andere in unserer natürlichen Umgebung wirksame schädigende Mittel; ferner vermögen Luft oder Wasser eine derartige *Verdünnung* der Erreger zu bewirken, daß die Infektionschancen immer geringer und schließlich minimal werden. Die eigentliche, überwiegende Gefahr bilden daher z. B. bei Masern Sputa, Nasensekret, Hautschuppen; bei Lungentuberkulose die beim Husten verstreuten Tröpfchen von Bronchialschleim und die Sputa; bei Abdominaltyphus, Cholera, Ruhr die Darmentleerungen; bei Diphtherie die Sputa, das Mundsekret und Hustentröpfchen; bei den Wundinfektionskrankheiten der Eiter. Bei Syphilis, Gonorrhöe und Hundswut sind die *frischen* Absonderungen mit seltenen Ausnahmen sogar die *einzige* Infektionsquelle.

Die *Lebensdauer* der Infektionserreger in den Ausscheidungen der Kranken variiert bedeutend je nach der spezifischen Resistenz des Parasiten und je nach den äußeren Bedingungen. Sehr kurz pflegt sie zu sein, wenn die Infektionserreger in flüssige Substrate gelangen, in welchen *Saprophyten* stark wuchern; doch kommen Ausnahmen vor (Typhus-, Tuberkelbazillen). Ferner gehen manche Erreger durch *Austrocknen* rasch zugrunde; *Belichtung* durch Sonnenlicht beschleunigt das Absterben, Einhüllung in schleimiges Sekret hindert es erheblich. Die längste Lebensdauer zeigen die Infektionserreger, wenn sie auf *feuchtem* Substrat in *kalter, feuchter Luft* und im *Dunkel* gehalten werden, so daß es weder zu lebhafter Wucherung von Saprophyten noch zu einem völligen Austrocknen kommen kann.

Bestimmte Zahlen für die Haltbarkeit der Parasiten in unserer Umgebung lassen sich bei dem maßgebenden Einfluß der jeweiligen äußeren Verhältnisse nicht geben. Bezüglich der akuten Exantheme ist empirisch ermittelt, daß die Erreger von Masern etwa 6 Wochen, von Scharlach 5 Monate, von Pocken 2 Jahre im trockenen Zustande lebensfähig bleiben; Eiter erregende Staphylokokken können unter Umständen ein Jahr und länger lebensfähig bleiben, Milzbrand- und Tetanussporen viele Jahre; Streptokokken in schleimiger Hülle mehrere Monate. — Weitere Angaben s. im speziellen Teil.

Von größter Bedeutung ist es, daß auch scheinbar Gesunde, Rekonvaleszenten oder unmerklich Erkrankte virulente Krankheitserreger beherbergen und ausscheiden können, dann nämlich, wenn Menschen von Parasiten befallen sind, bei welchen die Disposition für die betreffende Erkrankung sehr gering bzw. erloschen ist (Parasitenträger bei Cholera, Diphtherie, Typhus, Meningitis u. a. m.). Die Gefahr der Übertragung ist in diesen Fällen um so größer, als die Parasitenträger ohne jede Vorsicht mit zahlreichen Menschen verkehren und Schutzmaßregeln selbst notorischen Trägern gegenüber sich sehr schwer durchführen lassen.

Finden die Erreger einer parasitären Krankheit ihre natürliche Verbreitung auch bei einer anderen Tierspezies, so sind die Ausscheidungen der erkrankten Tiere eine wichtige Infektionsquelle für den Menschen, falls er in größerem Umfang mit diesen in Berührung kommt (Exkrete pestkranker Ratten, Milch tuberkulöser Kühe).

Zweitens kommen in Betracht die mit den Absonderungen der Kranken oder der Parasitenträger verunreinigten Hände, Wäschestücke; das Verbandzeug; die Betten, Kleider usw. Diese repräsentieren bei den akuten Exanthemen, Diphtherie, Tuberkulose, Erysipel, Pyämie, Abdominaltyphus, Cholera u. a. m. Infektionsquellen von erheblicher Gefahr. Fest zusammengelegte Bündel von Wäsche trocknen im Innern schwer vollständig aus, so daß selbst sehr empfindliche Parasiten (Diphtheriebazillen) leben bleiben.

Drittens: Eß- und Trinkgeschirre sind häufig infiziert bei Diphtherie, zuweilen bei Cholera, Typhus, Tuberkulose, den akuten Exanthemen.

Viertens: Sonstige Utensilien, die der Kranke gebraucht, Spielzeug, Bücher usw.; Bettstellen, Möbel, Fußboden und andere dem Bett nahe Teile der Wohnung können bei verschiedenen Infektionskrankheiten zur Ansteckungsquelle werden.

Fünftens: Die Wohnungsluft kann in Staubform die Erreger der Exantheme und der Tuberkulose, ferner Staphylokokken, Tetanus-, Milzbrandsporen usw. enthalten. Durch beim Husten verspritzte Tröpfchen können die Erreger der Exantheme, der Tuberkulose, Pneumokokken, Meningokokken, Influenzabazillen, Pestbazillen, Diphtheriebazillen usw. in die Luft der näheren Umgebung des Kranken übergehen.

Die Luft im Freien bietet (abgesehen von engen Höfen, Straßenwinkeln, ferner von zufällig aufgewirbeltem Hauskehricht usw.) eine zu große Verdünnung und ist zu starkem Wechsel unterworfen, um als häufigere Infektionsquelle in Betracht zu kommen(vgl. S. 90).

Sechstens: Die Abwässer, der Tonnen-, Gruben- bzw. Kanalinhalt. Bei ihnen ist die Infektionsgefahr im allgemeinen geringer, kann aber erheblich werden, wenn z. B. ein Wasserlauf, der Abfallstoffe aufgenommen hat, von zahlreichen Menschen zum Trinken, Baden usw. benutzt wird.

Siebentens: Schließlich kommt der Genesene bzw. der Verstorbene in Betracht. Die von der Leiche ausgehende Gefahr wird gewöhnlich zu hoch angeschlagen und ist tatsächlich sehr gering. Die Ausstreuung von Infektionskeimen erfolgt zum wesentlichsten Teile durch die vom lebenden Kranken gelieferten Exkrete und durch seine Bewegungen und Hantierungen. — Die Infektionsgefahr seitens der Rekonvaleszenten ist dagegen höchst beachtenswert, weil sich auf der Haut und den Schleimhäuten nach der Genesung noch lange Infektionskeime vorfinden.

Bei den nichtkontagiösen parasitären Krankheiten werden die Infektionsquellen entweder geliefert von bestimmten Zwischenwirten (Anophelesmücken bei Malaria); oder die Erreger sind weit verbreitet z. B. in gedüngter Ackererde, städtischem Wohnboden usw. (Tetanus und malignes Ödem); oder sie leben als Epiphyten dauernd oder zeitweise auf der Haut bzw. auf gewissen Schleimhäuten gesunden Menschen (Staphylokokken der Haut; Streptokokken, Pneumokokken im Mundsekret; manche darmbewohnende Bakterien).

B. Fernhaltung, Beseitigung und Vernichtung der Infektionsquellen.

1. Fernhaltung der Infektionsquellen.

Gegen die nicht einheimischen Seuchen, namentlich Pest und Cholera, suchte man sich früher namentlich durch Grenzsperren und Einfuhrverbote zu schützen.

Sperren zu Lande sind aber wenig wirksam und stören Handel und Verkehr außerordentlich.

Man beschränkt sich daher beim Eisenbahndurchgangsverkehr auf die Beobachtung erkrankter Passagiere, zunächst durch das Zugpersonal, wenn Verdächtige gefunden sind, durch einen Arzt. Für die Einschleppung von Seuchen hat sich der kleine Grenzverkehr durch Arbeiter, Händler usw., ferner der Verkehr von Schiffern und Flößern als viel gefährlicher erwiesen, und diese sind daher einer strengeren Revision zu unterwerfen. — Generelle Einfuhrverbote für Waren aus verseuchten Gebieten sind auf getragene Wäsche und Kleider, Lumpen und Nahrungsmittel zu beschränken.

Leichter gelingt eine vollständige Absperrung gegen ein verseuchtes Land auf dem Seewege.

In der Nähe der Häfen sind auf abgelegenen Stellen Quarantänestationen errichtet mit Lazaretten usw. Hier mußte in früherer Zeit jedes Schiff aus verseuchten Gegenden 40 Tage, und wenn Erkrankungen vorkamen, länger verweilen. Jetzt werden nach den international geltenden Bestimmungen der Pariser Sanitätskonferenz 1911/12 die aus verdächtigen Häfen kommenden Schiffe zunächst nur einer gesundheitspolizeilichen Kontrolle unterzogen. Ist keine Erkrankung an Bord vorgekommen, sind keine verdächtigen Waren an Bord, und hat die Fahrt eine bestimmte, der Inkubationszeit für die betreffende Krankheit entsprechende Zeit gedauert, so wird das Schiff freigegeben. Sind dagegen unterwegs Erkrankungen vorgekommen, so ist für die Passagiere eine Quarantäne von der Dauer der Inkubationsfrist einzuhalten. — Um Seuchenherde in anderen Ländern rasch genug zu erfahren, ist zwischen den Vertragsstaaten die telegraphische Anzeige erster Krankheitsfälle als obligatorische Pflicht anerkannt; später werden regelmäßige Berichte veröffentlicht.

Ist die Einschleppung einer ansteckenden Krankheit erfolgt, so sind die zu ergreifenden Maßnahmen für Deutschland durch das Reichsgesetz betr. die Bekämpfung gemeingefährlicher Krankheiten — Lepra, Cholera, Fleckfieber, Gelbfieber, Pest, Pocken — vom 30. Juni 1900 geregelt (seit 1. Januar 1910 auch für Milzbrand gültig).

Das Gesetz sorgt dafür, daß die Behörde von dem Erkrankungsfall Kenntnis erhält, indem es den zugezogenen Arzt, den Haushaltungsvorstand, Pfleger, Inhaber der Wohnung und Leichenbeschauer zur Anzeige jeder Erkrankung und jedes Todesfalles, sowie jedes Falles, welcher den Verdacht einer jener Krankheiten erweckt, verpflichtet. Die Polizeibehörde muß, sobald sie von dem Ausbruch oder dem Verdacht des Ausbruchs der Krankheit Kenntnis erhält, sogleich den beamteten Arzt benachrichtigen, der unverzüglich an Ort und Stelle Ermittelungen über Art, Stand und Ursache der Krankheit anzustellen und der Polizeibehörde darüber zu berichten hat. In Notfällen kann der beamtete Arzt die Ermittelung auch direkt vornehmen. In Ortschaften über 10 000 Einwohner ist eine in einem räumlich entfernten, bisher verschonten Ortsteil vorkommende Erkrankung als neuer Ausbruch zu behandeln. Die obere Verwaltungsbehörde kann die Ermittelung auf jeden dem ersten folgenden Erkrankungsfall ausdehnen. Dem beamteten Arzt ist der Zutritt zum Kranken, soweit er es ohne Schädigung des Kranken für zulässig hält, und zur Leiche zu gestatten. Bei Cholera-, Gelbfieber- und Pestverdacht kann eine Öffnung der Leiche angeordnet werden. Der behandelnde Arzt ist berechtigt, den Untersuchungen beizuwohnen. Für ergriffene Ortschaften kann amtliche Leichenschau für jede Leiche angeordnet werden. Bei Gefahr im Verzuge ist der beamtete Arzt berechtigt, einstweilen aus eigener Initiative Maßnahmen zu treffen. — Die Schutzmaßregeln zerfallen in Absperrungs- und Aufsichtsmaßregeln. Für kranke und krankheits- oder ansteckungsverdächtige Personen kann eine Absonderung angeordnet werden. Krankheitsverdächtige sind Personen, welche Krankheitssymptome zeigen, die den Verdacht der betr. Seuche erwecken, ohne daß aber durch bakteriologische Untersuchung usw. der Verdacht gesichert ist; Ansteckungsverdächtige sind Ge-

sunde, welche mit Seuchenkranken oder Seuchenmaterial in Berührung waren. — Der Kranke soll mit anderen als den zu seiner Pflege bestimmten oder mit Erledigung für ihn wichtiger und dringender Angelegenheiten betrauten Personen nicht in Berührung kommen. Ist nach dem Gutachten des beamteten Arztes eine ausreichende Absonderung nicht durchführbar, so kann, falls der beamtete Arzt es für unerläßlich und der behandelnde Arzt es ohne Schädigung des Kranken für zulässig hält, die Überführung des Kranken in ein geeignetes Krankenhaus oder in einen anderen geeigneten Unterkunftsraum angeordnet werden. Krankheits- und ansteckungsverdächtige Personen dürfen nicht in demselben Raume mit kranken Personen untergebracht werden; ansteckungsverdächtige mit krankheitsverdächtigen nur, wenn es der beamtete Arzt für zulässig erklärt. Wohnungen, in welchen erkrankte Personen sich befinden, können kenntlich gemacht werden. Für das berufsmäßige Pflegepersonal können Verkehrsbeschränkungen angeordnet werden. — Die Aufsichtsmaßregeln beziehen sich auf Beschränkungen der gewerbsmäßigen Herstellung, Aufbewahrung und des Vertriebs von Gegenständen, welche zur Verbreitung der Krankheit dienen können, ferner in der Vermeidung der Ansammlung größerer Menschenmengen (Märkte, Messen u. dgl.), in der gesundheitspolizeilichen Überwachung der in der Schiffahrt, Flößerei und sonstigen Transportbetrieben beschäftigten Personen usw.; die betreffenden Anordnungen sind von der Landesbehörde zu erlassen. Ferner können jugendliche Personen aus ergriffenen Behausungen zeitweilig vom Schulbesuch ferngehalten werden. Auch kann in Ortschaften, welche von Cholera, Fleckfieber, Pest oder Pocken befallen oder bedroht sind, die Benutzung von Brunnen, Wasserläufen usw. sowie öffentlicher Bade- usw. Anstalten verboten oder beschränkt werden. Falls es der beamtete Arzt für unerläßlich erklärt, kann auch die Räumung von Wohnungen und Gebäuden angeordnet werden. — Für Gegenstände und Räume, die mutmaßlich mit dem Krankheitsstoff behaftet sind, kann Desinfektion, bei wertlosen Gegenständen Vernichtung angeordnet werden. Für Reisegepäck und Handelswaren ist dies bei Lepra, Cholera und Gelbfieber nur zulässig, wenn die Annahme einer Verseuchung der Gegenstände durch besondere Umstände begründet ist. — Für die Bestattung der an einer Seuche Gestorbenen können besondere Vorsichtsmaßregeln angeordnet werden.

Als vorbeugende Maßregel wird in § 35 noch angeordnet, daß die dem allgemeinen Gebrauch dienenden Einrichtungen für Wasserversorgung und Beseitigung der Abfallstoffe fortlaufend durch staatliche Beamte zu überwachen sind.

Die Bekämpfung der endemischen Krankheiten ist in Preußen, unter Aufhebung der bisher maßgebenden königl. Verordnung vom 8. August 1835, durch das Gesetz betr. die Bekämpfung übertragbarer Krankheiten vom 28. August 1905 geregelt, dessen Ausführungsbestimmungen am 20. Oktober 1905 in Kraft getreten sind. Das Gesetz sieht vor:

A. Anzeige- oder Meldepflicht: Erkrankungen und Todesfälle an Diphtherie, übertragbarer Genickstarre,

Kindbettfieber, Körnerkrankheit, Rückfallfieber, übertragbarer Ruhr, Scharlachfieber, Unterleibstyphus, Rotz, Tollwut, sowie Bißverletzungen durch tolle oder der Tollwut verdächtige Tiere, Fleisch-, Fisch- und Wurstvergiftung, Trichinose, außerdem Todesfälle an Lungen- und Kehlkopftuberkulose sind der zuständigen Polizeibehörde unverzüglich anzuzeigen. Zur Anzeige sind die nämlichen Personen wie im Reichsgesetz verpflichtet.

B. Ermittelungsverfahren. Auf die Anzeige folgt bei ersten Erkrankungen oder Todesfällen an den obengenannten Krankheiten — mit Ausnahme jedoch von Tuberkulose und der drei unten besonders besprochenen Krankheiten Diphtherie, Körnerkrankheit und Scharlach —, bei Kindbettfieber und Typhus aber auch bei Verdacht der Erkrankung, unverzüglich das Ermittelungsverfahren durch den beamteten Arzt, ähnlich wie im Reichsgesetz. — Befindet sich jedoch der Kranke in ärztlicher Behandlung, so ist dem beamteten Arzt der Zutritt untersagt, wenn der behandelnde Arzt (im Reichsgesetz der beamtete Arzt!) erklärt, daß davon eine Gefährdung der Gesundheit oder des Lebens des Kranken zu befürchten ist. Vor dem Zutritt des beamteten Arztes ist dem behandelnden Arzt Gelegenheit zu dieser Erklärung zu geben.

Bei Kindbettfieber (und Verdacht) ist dem beamteten Arzt der Zutritt nur mit Zustimmung des Haushaltungsvorstandes gestattet.

Bei Typhus- und Rotzverdacht kann eine Öffnung der Leiche polizeilich angeordnet werden; jedoch soll sie (nach den Ausführungsbestimmungen) nur dann stattfinden, wenn die bakteriologische Untersuchung der Absonderungen und des Blutes (Agglutination) zur Feststellung nicht ausreicht oder nicht ausführbar ist. — Bei Diphtherie, Körnerkrankheit oder Scharlach hat die Ortspolizeibehörde nur die ersten Fälle und diese nur ärztlich feststellen zu lassen, falls sie nicht bereits von einem Arzte angezeigt sind. Die Polizeibehörde soll in der Regel den nächsterreichbaren Arzt mit dieser Ermittelung beauftragen (s. Ausführungsbestimmungen). — Bei Milzbrand und Rotz hat der beamtete Arzt die Ermittelungen im Benehmen mit dem beamteten Tierarzt vorzunehmen.

Der Regierungspräsident kann anordnen, daß auch über jeden einzelnen späteren Krankheitsfall Ermittelungen angestellt werden; für Kindbettfieber empfiehlt sich eine solche Anordnung. — Ferner kann für Ortschaften, welche von Milzbrand, Rotz, Ruhr oder Typhus befallen sind, amtliche Leichenschau (durch einen Arzt) angeordnet werden.

Eine wichtige Vorbedingung für die Durchführung des Reichsseuchen- wie des Preußischen Gesetzes ist die Mitwirkung bakteriologischer Untersuchungsstationen, in denen die Untersuchung der Ausscheidungen Kranker und Krankheitsverdächtiger auf das Vorhandensein bestimmter Krankheitserreger erfolgt. Solche Stationen sind teils den hygienischen Universitätsinstituten

angegliedert, teils sind besondere Anstalten in den einzelnen Regierungsbezirken und in den größeren Städten ins Leben gerufen.

Eine weitere Bedingung für eine volle Wirkung der Seuchengesetze ist ein besseres Verständnis für den Sinn und die Tragweite der Bestimmungen in den breiteren Volksschichten. Durch gemeinverständliche „Merkblätter", wie sie vom Kaiserl. Gesundheitsamte und durch „Ratschläge an Ärzte" und „Belehrungen", wie sie vom Kultusministerium für die einzelnen Krankheiten ausgegeben sind, sollen die wichtigsten Lehren von der Verbreitungsart und der Bekämpfung der Seuchen zur allgemeinen Kenntnis gebracht werden.

C. Schutzmaßregeln. Diese sind ähnlich wie im Reichsseuchengesetz, jedoch mit der Einschränkung, daß nicht alle Maßregeln für jede Krankheit gelten, sondern, nach Maßgabe der Verbreitungsweise, für die einzelne Krankheit eine Auswahl unter den Maßregeln getroffen ist.

Hiernach können 1. einer Beobachtung durch einen Arzt oder eine sonst geeignete Person unterworfen werden: Kranke und krankheitsverdächtige Personen bei Körnerkrankheit, Rotz, Rückfallfieber, Typhus, ferner kranke, krankheits- und ansteckungsverdächtige Personen bei Syphilis, Tripper und Schanker, sofern sie gewerbsmäßig Unzucht treiben, ansteckungsverdächtige Personen bei Tollwut. Die Beobachtung soll in der Regel nur darin bestehen, daß durch einen Arzt oder eine sonst geeignete Person in angemessenen Zwischenräumen Erkundigungen über den Gesundheitszustand der betreffenden Person eingezogen werden. — Anscheinend gesunde Personen, welche in ihren Exkreten die Erreger von Diphtherie, übertragbarer Genickstarre, Ruhr oder Typhus ausscheiden (Parasitenträger), sind auf die Gefahr, welche sie für ihre Umgebung bilden, aufmerksam zu machen und zur Befolgung der etwa erforderlichen Desinfektionsmaßregeln anzuhalten.

2. Einer Absonderung nach Art der im Reichsgesetz niedergelegten Bestimmungen unterliegen Genickstarre-, Ruhr-, Tollwut-, Diphtherie-, Scharlachkranke, ferner an Syphilis, Tripper und Schanker Leidende, sofern sie gewerbsmäßige Unzucht treiben, ferner kranke und krankheitsverdächtige Personen bei Rotz, Rückfallfieber und Typhus. Die Überführung diphtherie- und scharlachkranker Kinder ins Krankenhaus darf gegen den Widerspruch der Eltern nicht angeordnet werden, wenn nach Ansicht des beamteten oder des behandelnden Arztes eine ausreichende Absonderung in der Wohnung sichergestellt ist.

Stets ist tunlichst die Absonderung in der Behausung des Kranken durchzuführen; ist dies nach den Verhältnissen nicht möglich (enge, dicht bevölkerte Wohnungen, öffentliche Gebäude, Nahrungsmittelbetriebe, Fehlen von Pflegepersonal usw.), so ist durch entsprechende Vorstellungen dafür zu sorgen, daß der Kranke sich freiwillig in ein Krankenhaus überführen läßt. Erst wenn dieser Versuch fehlschlägt, wenn der beamtete Arzt es für unerläßlich und wenn der behandelnde Arzt es für zulässig erklärt, kann die Aufnahme in ein Krankenhaus angeordnet werden. — Zur Beförderung solcher Kranken sollen

die gewöhnlichen öffentlichen Beförderungsmittel nicht benutzt werden, bzw. muß alsbaldige Desinfektion erfolgen.

3. Wohnungen (Häuser) mit Typhus- oder Rückfallfieberkranken können durch gelbe Tafeln (Laternen) kenntlich gemacht werden.

4. Verkehrsbeschränkungen für das Pflegepersonal (keine andere Pflege, Verkehr tunlichst einschränken, während der Pflege waschbares Überkleid und Desinfektion) können angeordnet werden bei Diphtherie, Kindbettfieber, Scharlach und Typhus.

5. Für Nahrungsmittelbetriebe kann bei Diphtherie, Scharlach, Typhus; für Abdeckereien, Bürsten- und Pinselfabriken usw. bei Milzbrand gesundheitspolizeiliche Überwachung angeordnet werden.

6. Wo Rückfallfieber, Typhus oder Ruhr epidemisch auftreten, kann die Abhaltung von Märkten, Messen usw. verboten oder beschränkt werden.

7. Aus Häusern mit Erkrankungen an Diphtherie, Rückfallfieber, Ruhr, Scharlach oder Typhus sind jugendliche Personen vom Schulbesuch fernzuhalten.

In Pensionaten, Konvikten, Alumnaten, Internaten u. dgl. sind die Erkrankten abzusondern und erforderlichenfalls unverzüglich in ein geeignetes Krankenhaus oder in einen anderen geeigneten Unterkunftsraum überzuführen.

8. Bei Ruhr und Typhus können Bestimmungen betreffs der Brunnen und Wasserläufe; bei Rückfallfieber, Ruhr und Typhus betreffs Räumung von Wohnungen wie im Reichsgesetz getroffen werden.

9. Für alle Krankheiten des Gesetzes gelten Desinfektionsvorschriften, die den Ausführungsbestimmungen beigegeben sind.

10. Bei Diphtherie, Ruhr, Scharlach, Typhus, Milzbrand und Rotz können die im Reichsgesetz bezeichneten Vorsichtsmaßregeln bei der Bestattung Gestorbener Platz greifen.

Ein besonderer Paragraph des Preußischen Gesetzes bestimmt noch, daß zu ärztlicher Behandlung zwangsweise angehalten werden können a) Personen, welche an Körnerkrankheit leiden und nicht glaubhaft nachweisen, daß sie ärztlich behandelt werden; b) an Syphilis, Tripper oder Schanker erkrankte Personen, sofern sie gewerbsmäßig Unzucht treiben und dies zur Verhütung der Ausbreitung erforderlich erscheint.

Die getroffenen Anordnungen sind aufzuheben:

a) Bezüglich der kranken Personen: nach Genesung, nach Überführung in ein Krankenhaus, nach dem Ableben; jedoch stets erst nach Ausführung der Schlußdesinfektion. — Bei Ruhr und Typhus ist die Absonderung nicht eher aufzuheben, als bis bei zwei durch den Zeitraum einer Woche getrennten bakteriologischen Untersuchungen die Dejekte frei von Erregern waren; ist dies jedoch nach 10 Wochen von Beginn der Erkrankung noch nicht der Fall, so ist trotzdem die Absonderung aufzuheben und der Kranke als Bazillenträger zu behandeln.

b) Bezüglich der krankheitsverdächtigen Personen bei Kindbett-, Rückfallfieber und Typhus, wenn sich der Verdacht als nicht

begründet herausgestellt hat; bei Typhus erst, wenn eine mindestens zweimalige bakteriologische Untersuchung negativ ausgefallen ist.

Bei einigen Krankheiten des Preußischen Seuchengesetzes, Typhus, Ruhr, Genickstarre, ist den in § 35 des Reichsgesetzes vorgeschriebenen vorbeugenden Maßregeln betreffs der Einrichtungen zur Wasserversorgung und Entfernung der Abfallstoffe, der Reinhaltung der Häuser und Wohnungen usw. besondere Aufmerksamkeit zuzuwenden; die Gesundheitskommissionen haben (gemäß ihrer Anweisung vom 13. März 1901) hierbei mitzuwirken.

2. Beseitigung und Abtötung der Parasiten (Reinigung und Desinfektion).

Unter „Desinfektion", „Entseuchung" im weiteren Sinne verstehen wir die Befreiung infizierter Menschen oder Gegenstände von Parasiten. Diese Befreiung kann in einer Abtötung der Keime bestehen oder in deren mechanischer Entfernung, unter Umständen in einer Kombination von beiden. Erstere Art des Vorgehens ist stets angezeigt, wenn eine ansteckende Krankheit vorliegt, die nur ausnahmsweise auftritt (Pest, Cholera, Meningitis, Typhus usw.), und bei der es darauf ankommt, jede weitere Ausbreitung sofort zu verhüten. Nur wenn die betreffende Krankheit dauernd weit verbreitet unter der Bevölkerung ist und es sich nur um die Befreiung bestimmter Lokalitäten oder Gegenstände von solchen verbreiteten Keimen (Staphylokokken, Streptokokken) handelt, ist die mechanische Beseitung, „Reinigung" anwendbar. Bei dieser liegt stets die Gefahr vor, daß die lebenden Erreger verschleppt werden und neue, vielleicht gefährlichere Infektionsquellen durch die Reinigungswässer, die Reinigungsutensilien und den Verkehr der mit der Reinigung betrauten Personen entstehen. Nur die in unserer Umgebung stets verbreiteten Keime dürfen daher durch einfache Reinigungsmethoden, wie Abwaschen, Bürsten, Abseifen, Klopfen usw., bekämpft werden. Zu dieser Gruppe dürfen in manchen Fällen die Erreger der Tuberkulose gerechnet werden, zumal hier nur ausgiebige Kontakte oder Inhalation die Infektion ermöglichen und die etwa aus einer verseuchten Wohnung herausgeschafften Bazillen zu beiden Infektionsgelegenheiten keinen Anlaß geben. — Bei den übrigen gelegentlich in Einzelfällen oder Epidemien auftretenden ansteckenden Krankheiten gefährdet Reinigung geradezu die Umgebung. Soll auch hier durchaus Reinigung, vielleicht in der Absicht, den Bewohnern ein gutes Beispiel zu geben, vorgenommen werden, so darf dies erst geschehen, nachdem die Tötung der Erreger an Ort und Stelle erfolgt ist; also z. B. Reinigung der Wäsche erst, nachdem diese in desinfizierender Lösung gelegen hat, der Wohnung erst nach vollständig durchgeführter Desinfektion. Ebenso müssen bewußt infizierte Hände zunächst in desinfizierende

Lösung eingetaucht werden, und erst nachdem diese genügend eingewirkt hat, dürfen sie mit Wasser und Seife gereinigt werden (über Schutz gegen Infektionen durch Reinlichkeit s. unten).

Eine gute Illustration für die Verschiedenheit der hier in Betracht kommenden Gesichtspunkte liefert die Händedesinfektion der Ärzte. Will der Arzt sich für eine aseptische Operation vorbereiten, so hat er nur das Bestreben, von seinen Händen die stets daran haftenden allverbreiteten Keime los zu werden, die aber im vorliegenden Falle der Wunde Gefahr bringen könnten. Wohin diese Keime sonst gelangen, kann ihm gleichgültig sein. Er wird daher vor allem Reinigungsmethoden, evtl. kombiniert mit Tötungsmitteln, verwenden. Handelt es sich aber z. B. um Eröffnung des Bubos eines Pestkranken, so darf der Arzt nach der Operation nicht wiederum Reinigungsmethoden verwenden; diese würden die Pestbazillen in das Waschbecken, durch verspritzte Tröpfchen auf den Fußboden, in das Abwasser und in die rattenbewohnten Kanäle gelangen lassen; er muß vielmehr unter allen Umständen Hände und Instrumente unmittelbar in keimtötende Flüssigkeiten bringen. Wir haben daher die chirurgische und die hygienische Händedesinfektion sehr wohl auseinanderzuhalten.

a) Verfahren zur mechanischen Beseitigung der Keime.

Abgesehen von der Gefährlichkeit der Reinigung in dafür nicht geeigneten Fällen ist die mechanische Beseitigung der Keime praktisch stets unvollkommen. Am wenigsten geeignet ist trockenes Abstauben und Fegen; die Beseitigung ist ungenügend und die Infektionsgefahr wird durch das Aufwirbeln des Staubes stark vermehrt. Zu verwerfen ist auch als Mittel zur Beseitigung von Krankheitskeimen die (aus anderen Gründen notwendige) Lüftung von Krankenzimmern, Möbeln usw., auch bei gleichzeitiger Besonnung, durch welche alle in die Stoffe eingelagerten oder durch irgendwelche deckende Schicht geschützten Krankheitserreger nicht abgetötet werden.

Die Beseitigung der Keime ist daher stets auf feuchtem Wege zu versuchen. Zweckmäßig wird dem benutzten Wasser Seife (etwa 3%) oder Soda (etwa 2%) zugesetzt, und diese Flüssigkeiten sind heiß zu verwenden; alsdann erzielt man auch noch eine teilweise Abtötung der Keime. Der Zweck dieser Zusätze ist aber hauptsächlich, Schmutzteile leichter zu lösen; zu einer vollständigen Keimtötung sind die gewöhnlichen Seifen- und Sodalösungen nicht befähigt (s. oben), und die Temperatur der Lösungen kann man nicht über 50° steigern, da höhere Wärmegrade an den Händen nicht vertragen werden. Bei allen diesen Reinigungsprozeduren werden daher stets zahlreiche Keime lebendig bleiben.

Abwaschen und Abbürsten glatter Flächen mit keim-

tötenden Lösungen kann vollen Erfolg haben, ist aber nicht mehr zu den Reinigungs-, sondern zu den Desinfektionsmethoden zu rechnen.

b) Verfahren zur Keimtötung, Desinfektion.

Zur Desinfektion eignen sich die oben unter „Absterbebedingungen" aufgezählten Mittel. Selbstverständlich müssen Konzentration und Dauer der Einwirkung stets sorgfältig beachtet werden. Ferner müssen die zu desinfizierenden Objeke von dem Mittel vollständig durchdrungen werden, wobei aber keine chemischen, die Desinfektionswirkung schwächenden Umsetzungen eintreten dürfen. Besonders wichtig für die Praxis ist noch, daß die Objekte durch die angewendeten Mittel nicht beschädigt werden und daß letztere für die mit der Ausführung der Desinfektion Beauftragten keine Gesundheitsschädigung herbeiführen. Schließlich dürfen auch die Kosten der Desinfektion nicht zu hoch sein.

Bei weitem nicht alle oben genannten, zu einer Vernichtung von Bakterien befähigten Mittel erfüllen alle diese Anforderungen, sondern für die praktische Desinfektion kommen nur wenige in Betracht.

Ganz abzusehen ist von den früher gebräuchlichen gasförmigen Desinfektionsmitteln, wie schweflige Säure, Chlor-, Brom- und Sublimatdampf. Im besten Fall werden durch diese Gase nur die in den oberflächlichsten Schichten gelegenen Krankheitserreger abgetötet und auch diese nur bei gleichzeitiger Anfeuchtung der Objekte; dann aber werden letztere stets so beschädigt, daß sie nicht mehr gebrauchsfähig sind. — Manche Verfahren (Sprengen mit Karbolwasser, Eukalyptol, Aufhängen von Karbolpapier, Ozonlämpchen usw.) charakterisieren sich schon dadurch, daß dabei gar kein Versuch zur quantitativen Anwendung gemacht wird, als unwirksame und verwerfliche Schwindelmittel.

In die Seuchengesetze sind dementsprechend nur folgende zur praktischen Desinfektion wirklich geeignete Mittel aufgenommen:

1. Verbrennen, für kleinere wertlose Gegenstände.

Größere Objekte, insbesondere das Stroh der Bettsäcke, können kaum jemals in dem Hause des Erkrankten mit solcher Vorsicht verbrannt werden, daß dabei keine Ausstreuung von Infektionserregern erfolgt.

2. Kochen in Wasser (evtl. mit Sodazusatz).

Alle in Betracht kommenden Krankheitserreger werden schon durch 5 Minuten langes Kochen vernichtet; sicherheitshalber ist 15 Minuten langes Kochen vorzuschreiben. Bei schmutzigen und fettigen Substanzen, ferner bei schleimigen Absorderungen ist Sodazusatz zum Wasser (2 %) besonders zu empfehlen. — Anwendbar für Eß- und Trinkgeschirr usw. Nicht für beschmutzte Wäsche, in welcher durch das Kochen festhaftende Flecke entstehen!

3. Sublimat (1 : 1000). Zu bereiten durch Auflösung der rosa gefärbten Angererschen Pastillen (Pastilli hydr. bichlor. des Arzneib. f. d. D. Reich).

Da Sublimat mit Eiweißkörpern unlösliche Verbindungen eingeht, ist es für frische Absonderungen nur verwendbar, wenn Kochsalz zugegen ist; durch letzteres wird die Ausfällung des Sublimats verhindert. Die erforderliche Menge ClNa ist in den Pastillen vorhanden; stärkerer Zusatz würde die Desinfektionswirkung herabsetzen. Für phthisisches Sputum sind stärkere Konzentrationen (5 p. m.) zu verwenden. — Die Giftigkeit der Lösung 1 : 1000 ist eine sehr geringe. Die Maximaldosis (für innerlichen Gebrauch) ist erst in 30 ccm enthalten. Nur die Pastillen dürfen dem Publikum nicht ohne besondere Vorsichtsmaßregeln in die Hände gegeben werden; die Lösung bietet keine Vergiftungsgefahr.

4. Karbolsäurelösung (3%); 30 ccm Acid. carbol. liquefact. mit Wasser zu 1 Liter aufgefüllt und gemischt. Wirksamer und billiger ist:

5. Verdünntes Kresolwasser (2,5%), 50 ccm Liq. Cresoli saponatus oder 500 ccm Aqua cresolica mit Wasser zu 1 Liter aufgefüllt, gemischt. — Über Ersatzpräparate s. oben.

Sublimat-, Karbolsäure- und Kresollösung sind anwendbar für Abwaschen des Fußbodens und anderer Flächen, verschiedenster Utensilien, Ledersachen, zum Einlegen von Wäsche usw.

6. Kalkmilch, 20%ig, (vor dem Gebrauch umzuschütteln); zur Desinfektion von Dejekten, Sputum (s. unter „Tuberkulose"), Abortgruben, Rinnsteinen usw.

Die Kalkmilch wird folgendermaßen bereitet: Etwa 100 Volumteile gebrannter Kalk werden mit 60 Teilen Wasser gelöscht (CaO in $Ca[OH]_2$ verwandelt), indem man die Kalkstücke in eine Schale legt, deren Boden mit dem Wasser bedeckt ist. Die Kalkstücke saugen das Wasser auf und zerfallen unter starker Wärmeentwicklung zu Pulver von Kalkhydrat. Von diesem Pulver wird 1 Liter mit 4 Liter Wasser gemischt; man erhält so eine 20%ige Kalkmilch. — Erheblich einfacher ist es, aus einer Kalkgrube fertigen gelöschten Kalk zu entnehmen und 1 Liter davon mit 3 Liter der entsprechenden Menge Wasser zu mischen.

7. Chlorkalkmilch; wie Kalkmilch zu verwenden.

Bereitet aus 1 Liter in verschlossenen Gefäßen aufbewahrten und stechend nach Chlor riechenden Chlorkalks, dem allmählich unter Rühren 5 Liter Wasser zugesetzt werden. Für Badewässer ist die Chlorkalkmilch durch Absitzen oder Abseihen zu klären. — Seit dem Kriege ist der Chlorgehalt des Chlorkalks völlig unzuverlässig!

8. 35%ige wäßrige Lösung von Formaldehyd, 30 g auf 1 Liter Wasser. Für Haarbürsten, Messer, Gabeln usw. — Teuer; kann durch die unter 3, 4, 5 angebenen Mittel ersetzt werden.

9. Formaldehyd (CH_2O, Oxydationsprodukt des Methylalkohols) in Gasform zur Wohnungsdesinfektion. Die praktisch in Betracht kommenden Krankheitserreger werden abgetötet, wenn 5 g Formaldehyd pro 1 Kubikmeter Wohnraum mindestens 4 Stunden einwirken.

Das Bestreben, die an den verschiedensten Objekten eines Wohnraumes haftenden Parasiten gleichzeitig durch ein gasförmiges Desinfiziens abzutöten, stieß früher auf unüberwindliche Schwierigkeiten, falls die Objekte unbeschädigt

bleiben sollten. Erst mit Hilfe des Formaldehyds ist eine schonende und doch ausreichende Desinfektion für oberflächlich infizierte Gegenstände und Wohnungsteile gelungen. Indessen müssen zum Gelingen dieser Desinfektion noch eine Reihe wichtiger Bedingungen erfüllt sein, die unten zusammengestellt sind.

10. Wasserdampf von 100—120°, in besonderen Desinfektionsöfen, für Objekte, die bis in größere Tiefe als infiziert angesehen werden müssen und daher durch Formaldehydgas nicht vollständig desinfiziert werden (Matratzen, Betten, Kleider bei Eiterungen u. dgl.).

11. Trockene Hitze, Formaldehyd, Kombinationen von heißem Dampf und gasförmigen Desinfektionsmitteln für feinere Kleider, Uniformen, Ledersachen, Bücher, die durch Dampf von 100° geschädigt werden.

Die unter Nr. 9, 10 und 11 aufgezählten Verfahren bedürfen näherer Beschreibung.

Formaldehyddesinfektion.

Der zu desinfizierende Wohnraum muß zunächst sorgfältig abgedichtet werden, damit die erforderliche Konzentration des Gases — 5 g Formaldehyd pro Kubikmeter Wohnraum — tunlichst lange bestehen bleibt. Ferner muß die Luft mit Wasserdampf übersättigt werden; erst dann erfolgt an allen zugänglichen Flächen Kondensation von Wasserdampf und Formaldehyd und eine oberflächliche Durchfeuchtung mit wirksamer Formaldehydlösung. An warmen Gegenständen (Öfen, Schornsteine) erfolgt keine Kondensation; dieselben müssen erforderlichenfalls mit desinfizierenden Lösungen abgewaschen werden. — Da nur eine Oberflächen-Desinfektion stattfindet und die Wirkung in porösen Stoffen sich nur bis in geringe Tiefe erstreckt, sind alle Objekte von der Formaldehyddesinfektion auszuschließen, in welche Exkrete und Parasiten in größere Tiefe eingedrungen sind, ebenso Exkrete selbst in dickerer Schicht. Frische Sputa, grob verunreinigte Stellen des Fußbodens, Taschentücher und sonstige mit Exkreten stärker beschmutzte Wäsche sind daher durch Sublimat- oder Kresollösung gesondert zu desinfizieren; Betten und Matratzen, die nicht nur oberflächlich verunreinigt sind, müssen in den Desinfektionsofen transportiert werden. Außerdem müssen alle sonstigen für die Formaldehyddesinfektion geeigneten Objekte so in dem Wohnraum aufgestellt bzw. aufgehängt werden, daß ihre gesamten Oberflächen der Luft frei ausgesetzt sind. Die Gegenstände dürfen sich dabei nicht berühren oder einander zu nahe gerückt werden. — Bei sehr kleinen Zimmern und starker Füllung mit Gegenständen ist ein Zuschlag an Zeitdauer (7 Stunden statt 4) oder an Formaldehydmenge empfehlenswert, da nicht eigentlich der Kubikraum, sondern die Masse der absorbierenden Flächen den Verbrauch beeinflußt.

Eine Beschädigung der Objekte tritt durch diese Art von Desinfektion nicht ein. Wohl aber hält sich der stechende, die Schleimhäute stark reizende Geruch des Formaldehyds lange im Zimmer und haftet nachhaltig an Betten, Kleidern usw. trotz energischen Lüftens. Praktisch verwendbar ist die Formaldehyddesinfektion daher erst geworden, seit man ein einfaches Verfahren kennt, um den Geruch zu

beseitigen. Dasselbe besteht darin, daß zu Ende der Desinfektion noch bei geschlossenem Zimmer durch das Schlüsselloch Ammoniakgas (durch Verdampfen von käuflicher 25prozentiger Ammoniaklösung) eingeleitet wird. Dieses bildet mit dem Formaldehyd die feste Verbindung Hexamethylentetramin (Urotropin). Die Menge des Ammoniaks muß der Menge des entwickelten Formaldehyds angepaßt werden.

Die Darstellung des Formaldehyds kann entweder mit Hilfe von einfachen Apparaten geschehen oder ohne solche.

Für die Apparate verwendet man die käufliche 35prozentige wäßrige Lösung, Formalin genannt (der Name ist gesetzlich geschützt, die Lösung ist daher teurer, wenn sie unter diesem Namen gekauft wird!). Die Lösung wird entweder in Sprayapparaten (Czaplewski-Prausnitz) versprüht, oder einfacher verdampft, wobei der Formaldehyd frei wird (Breslauer

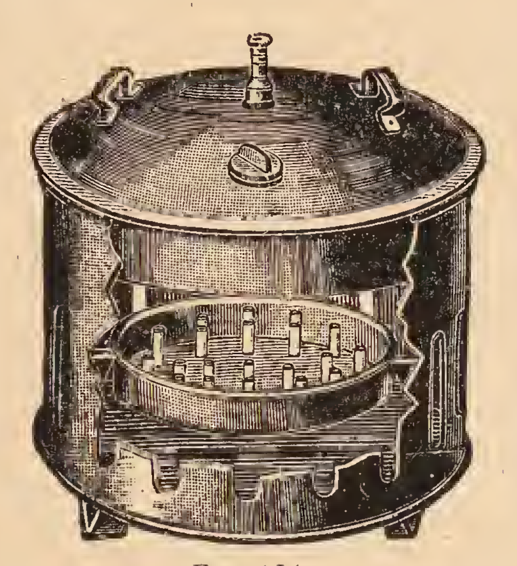


Fig. 154.
Breslauer Apparat zur Formaldehydentwickelung.

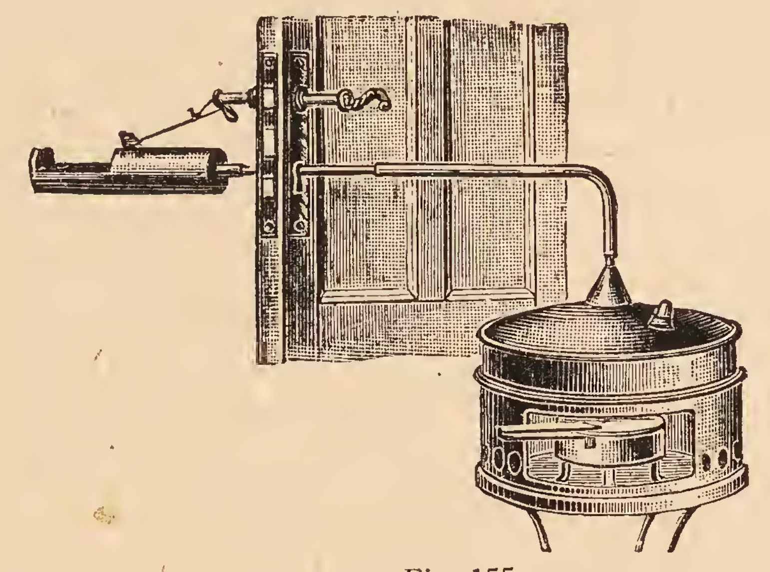


Fig. 155.
Ammoniakeinleitung.

Methode). Da außer der Formaldehydentwicklung auch eine Entwicklung reichlicher Wasserdampfmengen durchaus erforderlich ist, ist es das Zweckmäßigste, das zur Verdampfung jeweils erforderliche Formalin- und Wasserquantum zusammenzugießen. Dies Gemisch wird in einem einfachen Behälter mit großer Heizfläche verdampft. Durch diese Verdünnung des Formalins wird gleichzeitig jeder Polymerisierung des Formaldehyds vorgebeugt. — Als Verdampfungsapparat kann der in Fig. 154 abgebildete Kupferkessel und die dazu gehörige Spirituslampe benutzt werden. — Nach beendeter Desinfektion ist Ammoniak aus einem kleinen Kessel von der Form wie in Fig. 155 zu entwickeln; das durchs Schlüsselloch geleitete Rohr führt in eine Auffangrinne, um Beschädigungen des Fußbodens vorzubeugen[1]. Die für jede Raumgröße erforderlichen Mengen von Formalin, Wasser, Ammoniak und Spiritus (Kol. 4 für die Formaldehyd-, Kol. 6 für die Ammoniakverdampfung) sind aus nachstehender Tabelle zu entnehmen.

[1] Die Apparate sind zu beziehen z. B. von G. Haertel, Breslau, Albrechtstraße; Boje, Göttingen; Desinfektions-Centrale, Berlin. Außerdem können sie nach den genauen Angaben in Flügge: Die Wohnungsdesinfektion durch Formaldehyd, Jena 1909, S. 12, von jedem Klempner hergestellt werden.

Um 5 g Formaldehyd auf 1 cbm Raum zu entwickeln, ist der „Breslauer Apparat“ zu beschicken mit:

1. Raumgröße in cbm	2. Formaldehydlösung (35%)	3. Wasser	4. Spiritus 90%	5. Ammoniak (25%)	6. Spiritus 90%
10	400	600	200	150	15
20	550	850	300	300	30
30	650	1000	400	400	40
40	800	2000	500	550	50
50	900	1350	550	600	60
60	1000	1500	600	750	75
70	1150	1750	750	900	90
80	1250	1850	800	1000	100
90	1400	2100	900	1150	120
100	1500	2250	1000	1200	130
110	1650	2500	1050	1350	140
120	1750	2650	1150	1500	150
130	1900	2850	1250	1600	160
140	2000	3000	1300	1750	170
150	2100	3150	1350	1800	180

Bei der apparatlosen Raumdesinfektion geht man gewöhnlich aus von dem Paraform (oder Trioxymethylen = polymerisierter fester Formaldehyd) und bringt dieses mit einem kräftigen oxydierenden Agens (Bariumdioxyd, Kaliumpermanganat) und Wasser zusammen. Es wird dann ein Teil des Paraforms zu Ameisensäure, bzw. CO_2 und Wasser oxydiert, und die dadurch gelieferte Reaktionswärme führt, ohne daß es einer weiteren Erhitzung bedarf, einen Teil des Paraforms in gasförmigen Formaldehyd über. Am besten rührt man nach Hannes für 1 cbm Raum 10 g Paraformpulver zunächst mit 30 ccm Wasser an und mischt dann 20 g $KMnO_4$ zu.

Bei der Truppe im Manöver und im Kriege ist die apparatlose Methode vorzuziehen, weil — namentlich bei dem Hannesschen Verfahren — die zu transportierenden Materialien so kompendiös wie möglich sind. — In der sonstigen Praxis und wenn jährlich mehrere Desinfektionen auszuführen sind, lohnt sich die Anschaffung eines Apparates, weil das apparatlose Verfahren in jedem Einzelfall mindestens die doppelten Kosten verursacht.

Bei Pocken, Pest, septischen Erkrankungen, Typhus, Cholera usw. muß neben der Formaldehyddesinfektion eine Dampfdesinfektion der infizierten Betten, Kleider, Matratzen, Strohsäcke, Teppiche und Vorhänge erfolgen.

Dampfdesinfektion.

Die lediglich mit Wasserdampf arbeitenden Desinfektionsöfen enthalten einen Raum, in welchem die zu desinfizierenden Objekte eingelagert oder aufgehängt werden und der vom Dampf durchströmt wird. Sie sind entweder für

ungespannten bzw. sehr wenig gespannten Dampf von 100—104° eingerichtet; oder aber für stark gespannten Dampf von mehr als 110°. In jedem Falle muß das Erhitzen in einer reinen Wasserdampfatmosphäre geschehen; sobald Luft neben Wasserdampf im Ofen enthalten ist, kommt eine vollständige Desinfektion innerhalb kurzer Zeit nicht zustande.

Bei den Apparaten für ungespannten Dampf ist daher die Einrichtung getroffen, daß der Dampf während der ganzen Desinfektionsdauer den Apparat durchströmt; außerdem gibt man dem Dampf gern einen minimalen Überdruck

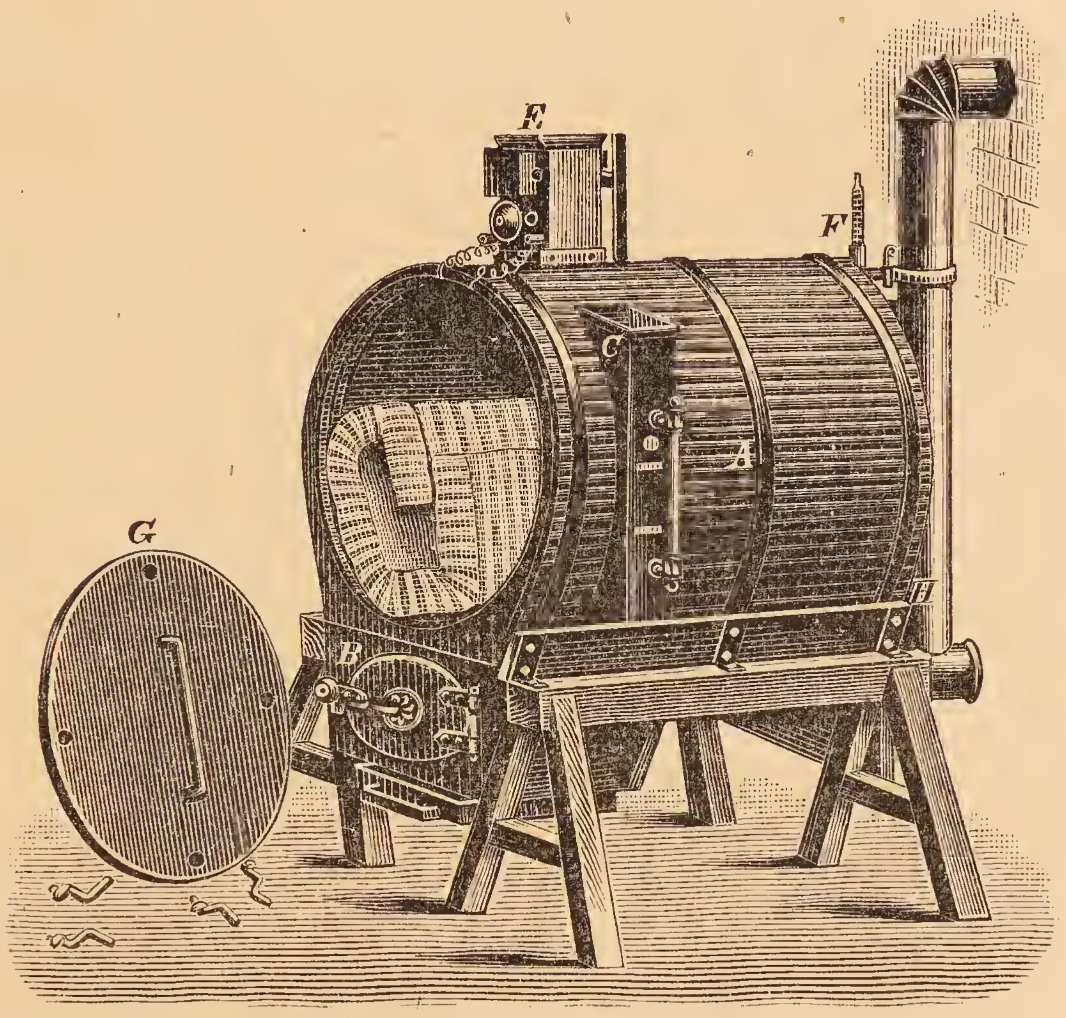


Fig. 156. Thursfieldscher Desinfektionsofen.
A Mit Holz verkleideter Zylinder. *B* Feuerung *C* Wassereinguß mit Wasserstandsrohr. *E* Signalpyrometer. *F* Thermometer. *G* Tür.

(durch Verengerung der Abströmungsöffnung), damit jedes Eindringen von Luft in das Innere des Ofens sicher ausgeschlossen ist.

Die Kleider, Betten usw. sind vor dem an den Innenwänden des Apparats reichlich sich bildenden Kondenswasser möglichst zu schützen; sie werden sonst von demselben derartig durchnäßt, daß leicht Flecke entstehen. Auch sollen die Objekte nicht im kalten Zustand mit dem heißen Dampf zusammentreffen, da sonst zu starke thermische Kondensation im Innern der Objekte erfolgt. Man trifft daher Vorkehrungen, daß eine allmähliche Erwärmung der in den Apparat gebrachten Sachen erfolgt, ehe der Dampf einströmt. Ist dies geschehen, so bringt der heiße Dampf nur eine minimale Durchfeuchtung der Sachen zuwege. Diese trockene Erhitzung darf jedoch nicht während der Dämpfung fortgesetzt werden, da überhitzter Dampf unvollkommen desinfiziert. — Bei trockenen Wollstoffen kann auch durch hygroskopische Kondensation eine Über-

wärmung eintreten, wenn trockene Erwärmung vorausgegangen ist; in praxi kommt dies aber selten vor.

Die Desinfektionsöfen werden gewöhnlich in Form von liegenden Zylindern hergestellt. Entweder ist der Dampfentwickler und die Feuerung mit ihnen verbunden, wie beim Thursfieldschen Desinfektionsofen. Der horizontal gelagerte Zylinder ist außen von einem Blechmantel umkleidet; der untere Teil des Mantelraums wird mit Wasser gefüllt und dient als Kessel (s. den schematischen Durchschnitt, Fig. 157). Von der oberen, Dampf enthaltenden Hälfte führen Öffnungen den Dampf in das Innere des Zylinders; die Abströmungsöffnung wird unten (Fig. 157, d) angebracht. Der Zylinder ist vorn durch eine Tür geschlossen, die mit Schrauben dampfdicht angepreßt wird. Um den äußeren Mantel ist zum Wärmeschutz noch eine Holz- oder Filzbekleidung gelegt. — In diesem Ofen findet nach dem Anheizen (mit Gas oder Feuerung) und vor dem Einströmen des Dampfes eine solche Durchwärmung des Apparats und der Objekte statt, daß eine nur geringe Kondensation erfolgt und kurzes Schwenken der herausgenommenen Kleider und Betten diese völlig trocken erscheinen läßt.

Oder die Öfen sind an einen besonderen Dampfentwickler angeschlossen (Budenberg). Der Ofen stellt einen liegenden ovalen Zylinder dar (Fig. 158), dessen Innenseite mit Schuppenblechen ausgekleidet ist und dadurch eine Durchfeuchtung der Objekte hindert. Der Apparat empfiehlt sich besonders da, wo ein bereits bestehender Dampfkessel auch den Desinfektionsofen mit Dampf versorgen soll.

Größere Apparate (Desinfektionszentrale, Berlin-Schöneberg; Schimmel & Comp. in Chemnitz; Hartmann, früher Rietschel & Henneberg in Berlin; Rohrbeck in Berlin) bedürfen eines großen Dampfkessels. Eine Vorwärmung der Objekte wird dadurch erzielt, daß Heizrohre oder Rippenheizkörper in das Innere des Apparats vorragen; diese werden zuerst mit Dampf angeheizt, und erst wenn die Erwärmung genügend ist, läßt man den Dampf in den inneren eigentlichen Desinfektionsraum einströmen. Nach der Beendigung der Desinfektion wird wiederum nur durch die Heizkörper erwärmt und zugleich läßt man Luft durch den Innenraum strömen; dadurch erfolgt schnelles und vollkommenes Trocknen der Objekte.

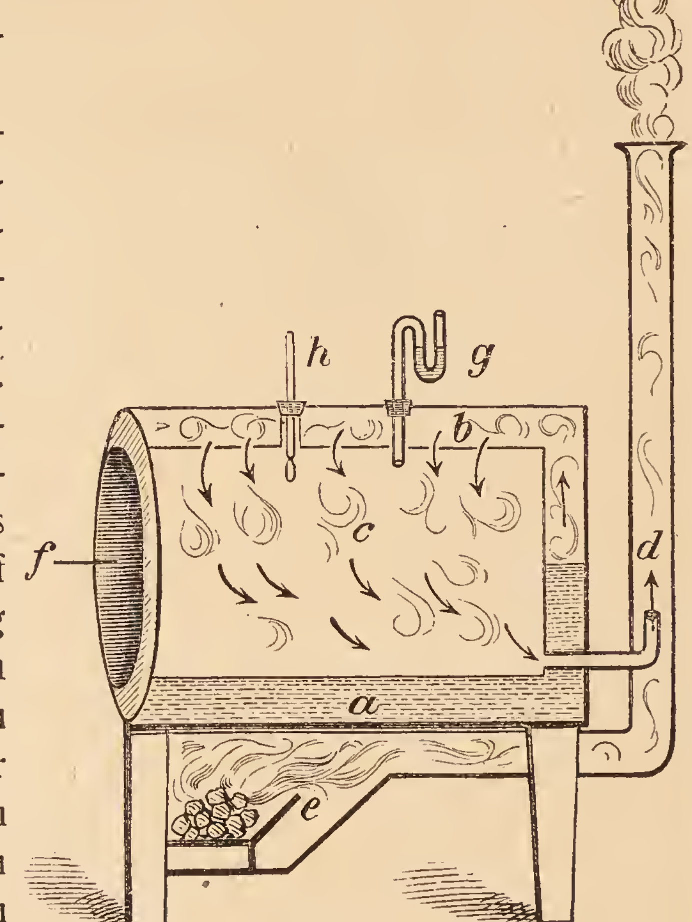


Fig. 157. Durchschnitt durch den Thursfieldschen Desinfektionsofen.
a Wasser *b* Dampf *c* Desinfektionsraum. *d* Dampfabführung. *e* Feuerung *f* Türöffnung. *g* Manometer. *h* Thermometer.

Die Apparate mit gespanntem Dampf von 110—120° (z. B. von Geneste & Herrscher) sind nach den Vorbildern der in den Laboratorien

gebräuchlichen Autoklavenöfen konstruiert. Besondere Vorsicht muß hier darauf verwendet werden, daß die Luft durch den Dampf vollständig ausgetrieben wird. Die Apparate gestatten einen schnelleren Betrieb; aber die Bedienung muß eine peinlich sorgfältige sein; für allgemeine Einführung sind sie daher nicht geeignet.

Bei der Auswahl eines Ofens ist namentlich in Erwägung zu ziehen, daß in kleineren Städten und Anstalten die zu desinfizierenden Objekte gewöhnlich einen sehr geringen Umfang haben. Es erschwert den Betrieb und erhöht die Kosten der Desinfektion in unnötiger Weise, wenn dafür jedesmal ein großer Apparat angeheizt werden muß, während bei stärkerer Häufung der Objekte

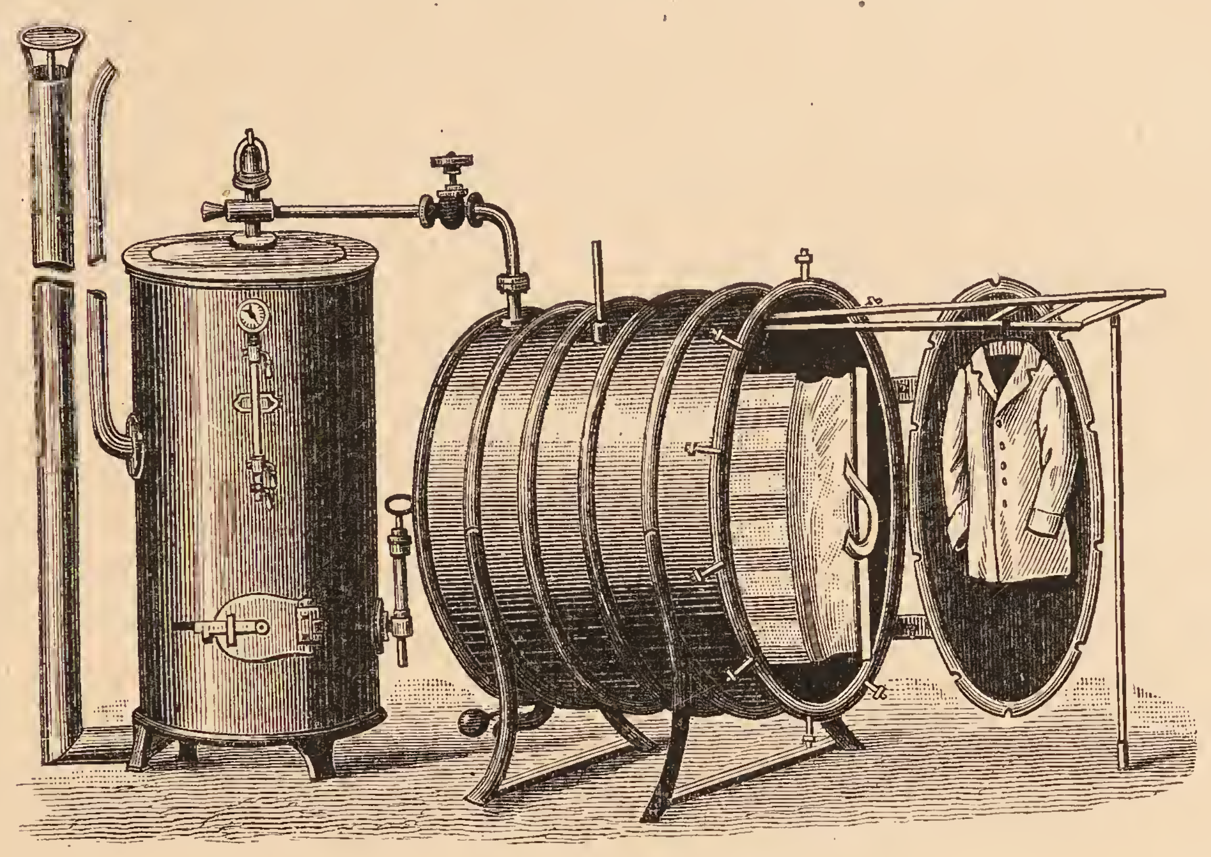


Fig. 158 Budenbergs Desinfektionsofen.

ein kleiner Apparat leicht mehrere Male an einem Tage beschickt werden kann. Für Landgemeinden und kleinere Städte reichen daher Apparate von 1,5 m Länge und 1 m Höhe des Innenraums vollkommen aus.

Die Aufstellung des Apparats in der Desinfektionsanstalt erfolgt häufig so, daß die letztere streng in zwei Abteilungen geschieden wird, und daß die Trennungswand über die Mitte des mit zwei Türen versehenen Desinfektionsofens hinweggeht. Durch einen besonderen Eingang gelangen die infizierten Sachen in die eine (unreine) Abteilung, werden von da in den Apparat eingeschoben, dann aber, um eine Wiederinfektion in der unreinen Abteilung zu vermeiden, auf der anderen (reinen) Seite durch anderes Personal (oder nachdem die Desinfekteure auf der unreinen Seite ihre Dienstkleider gelassen und ein Bad passiert haben, das den einzigen Durchgang zur reinen Seite bildet) aus dem Ofen herausgenommen und auf anderen Wagen dem Publikum wieder zugestellt. — Diese Einrichtung ist dann nötig, wenn dem Publikum die beliebige Einlieferung von desinfektionsbedürftigen Sachen in die Anstalt gestattet ist, was aber nie geschehen sollte, da beim Transport der Sachen eine starke Ausstreuung von Infektionserregern unvermeidlich ist; ferner wenn die Sachen zwar mit Hüllen eingeliefert, in der Anstalt aber aus diesen herausgenommen und lose in den

Apparat gelegt werden. — Richtiger ist es aber, daß alle Sachen stets von geschulten Desinfekteuren aus den Wohnungen abgeholt und in mit Sublimatlösung befeuchteten Säcken oder Laken nach der Anstalt und in die Öfen befördert werden. In diesem Falle ist die Trennung der reinen und unreinen Seite nicht mehr begründet und geschieht höchstens zur Beruhigung für das Publikum. — Für ländliche Gemeinden sind unter Umständen fahrbare Desinfektionsöfen angezeigt.

Jeder Desinfektionsofen ist vor der praktischen Benutzung auf seine Leistungsfähigkeit zu prüfen und es ist eine Instruktion für den Heizer aufzustellen, nach welcher dieser die Desinfektion ausführt. — Für die „Instruktion" muß bekannt sein: 1. die Dauer des Anheizens, d. h. wie lange Zeit vom Anzünden des Feuers an vergeht, bis der abströmende Dampf 100° zeigt; 2. die Dauer des Eindringens, d. h. wie lange Zeit vergeht, bis die Temperatur von 100° auch in das Innere der Objekte vorgedrungen ist. Beide Zeiten variieren sehr erheblich je nach der Konstruktion (Heizfläche usw.) und nach dem Betriebe (Art der Heizung, Packung der Kollis). Um zu bestimmen, welche Eindringungsdauer der Ofen bei gutem Betriebe leistet, wird in ein möglichst voluminöses Objekt, am besten ein Bettenkollo, ein Maximalthermometer eingelegt; nach Ablauf einer gewissen Zeit wird der Ofen geöffnet und nachgesehen, ob das Thermometer bereits 100° erreicht hat. Die Prüfung kann auch geschehen durch Einlegen von Fäden mit Milzbrandsporen in ein großes Kollo und Prüfen derselben nach vollendeter Desinfektion auf ihr Wachstum und ihre Infektionsfähigkeit. Sind 100° nicht erreicht oder die Sporen nicht abgetötet, so muß der Versuch wiederholt werden; ebenso kann aber, wenn das Resultat positiv war, die wirklich notwendige Zeit stark überschritten sein. — Will man durch einen Versuch bestimmte Auskunft erhalten, so legt man in das Innere des Deckenbündels ein Kontaktthermometer, dessen Legierung bei 100° schmilzt oder besser (da die Legierungen zu ungleich ausfallen) ein Stuhl-Lautenschlägersches Quecksilberskalen-Kontaktthermometer ein; dieses signalisiert dann durch ein elektrisches Läutewerk das Durchdringen der 100°-Temperatur. — Meist beträgt die Eindringungsdauer 30—60 Minuten. 3. Von dem Moment ab, wo an allen Stellen der Objekte die Temperatur von 100° aufgetreten ist, beginnt die eigentliche Desinfektion, die noch etwa 10 Minuten einzuwirken hat, um auch die widerstandsfähigsten Krankheitserreger abzutöten. — Da der Erfolg der Desinfektion in jedem Einzelfall ganz von der Sorgfalt abhängt, mit welcher der Betrieb erfolgt (gleichmäßige Feuerung, steter Dampfstrom!), ist außer der Probedesinfektion eine regelmäßige Kontrolle jeder Einzelleistung durchaus erforderlich. Hierüber läßt sich ein Urteil gewinnen durch Einlegen Sticherscher Phenanthren-Apparate (Glasröhrchen, in welchen Phenanthren, das bei 98° schmilzt, eingeschlossen ist; eine doppelte Glashülle verlangsamt das Eindringen der Maximaltemperatur um 10 Minuten, also um die für die Abtötung erforderliche Zeit; zu beziehen von Glasbläser Schmidt-Breslau) in das voluminöseste Kollo. Die Art des Einlegens beeinflußt aber das Resultat stark, und die Apparate geben nicht selten zu Irrtümern Anlaß. Besser ist daher der Kontrollapparat von Kunow, der frei im Desinfektionsraum aufgehängt wird; derselbe enthält ein kleines Maximalthermometer in einer Hülle von schlecht wärme-

leitenden Substanzen, deren Dicke so gewählt ist, daß die Verzögerung des Wärmedurchgangs derjenigen in einem Bettenkollo entspricht.

Die Resultate der Desinfektion in diesen Öfen sind bei sorgfältiger Instruktion und Kontrolle befriedigend. Eine Beschädigung der Sachen tritt nicht ein; allerdings sind auszuschließen alle Ledersachen, die im Dampf hart werden und schrumpfen; ebenso Bücher, Pelzwerk, auch feinere Herren- und Damenkleider. Auszuschließen von der Dampfdesinfektion ist ferner alle mit Blut, Eiter oder Kot stark beschmutze Wäsche; in derselben entstehen wie durch das Kochen festhaftende Flecke. Solche Wäsche wird zweckmäßig in Sublimat-Kochsalzlösung oder in Aq. Cresoli desinfiziert (s. oben).

Desinfektion von Büchern, Ledersachen, Uniformen.

Uniformen und feinere Kleider können in einem Formaldehydschrank ohne jede Schädigung desinfiziert werden. — Die Kleider werden einzeln, am besten auf Holzbügeln, lose nebeneinander in den Schrank gehängt. Durch eine Durchbohrung der Schrankwand werden mittels eines kleinen Dampfkessels (wie der oben beschriebene) zunächst die Dämpfe von 2 Litern Wasser eingelassen; sodann wird der Kessel mit 135 ccm 35%iger Formaldehydlösung und 500 ccm Wasser beschickt und die Dämpfe ebenfalls in den Schrank hineingeleitet. 5 Stunden darauf werden 60 ccm Ammoniak in den Schrank eingeleitet, nach ½ Stunde wird der Schrank geöffnet, die Kleider werden herausgenommen und ausgebreitet. Sie sind noch am selben Tage benutzbar (Noetel).

Speziell für Bücher ist von Gärtner ein Apparat konstruiert, der mit einem Vakuum von 730 mm, einer Temperatur von 60° und Dämpfen von 50- bis 60%igem Alkohol arbeitet. Die Bücher müssen in bestimmter Weise aufgeblättert werden, wobei Mißlingen nicht ausgeschlossen ist. Desinfektionsdauer ½ Stunde. Teuer; nur für größere Leihbibliotheken, bei denen die Bücher nicht lange entbehrt werden können.

Die erhebliche Beschädigung von Ledersachen, die namentlich bei der militärischen Ausrüstung eine große Rolle spielen, von Büchern und Uniformen durch 100grädigen Wasserdampf hat zu dem Bestreben geführt, mit so niederen Dampftemperaturen auszukommen, daß diese Schädigung vermieden wird. Letzteres ist aber erst der Fall bei einer Dampftemperatur unter 50—60°. Da diese nicht ausreicht zur Tötung der Keime, muß daher zur Unterstützung der Zusatz eines gasförmigen chemischen Desinfiziens erfolgen, z. B. des Formaldehyds.

Nach diesem Prinzip ist der „Universal-Desinfektionsapparat" konstruiert, in welchem durch Dampf von niedriger Temperatur und Formaldehyd kombiniert alle Objekte ohne Ausnahme mit vollster Schonung desinfiziert werden können.

Die ersten Konstruktionen waren der Rubnersche Apparat (s. Fig. 159) und der von Kister & Trautmann angegebene „Hamburger Apparat". Später sind noch andere Typen, z. B. „Vakuform-Apparat" von der Deutschen Desinfektionszentrale Berlin, hergestellt. Alle arbeiten mit einem Vakuum (600—710 mm) und Wasserdampf von nur 49—62°; dessen Desinfektionskraft wird ergänzt durch Formaldehydgas, des aus einer 8%igen Formaldehydlösung (1 Teil Formalin + 4 Teile Wasser) gewonnen wird. Außerdem soll das Vakuum das Eindringen des Dampfes und des Formaldehyds begünstigen, so daß z. B. Bücher nicht aufgeblättert zu werden brauchen; diese Wirkung ist jedoch unvollkommen, vielmehr ist sogar lockere Lagerung aller Objekte durchaus erforderlich.

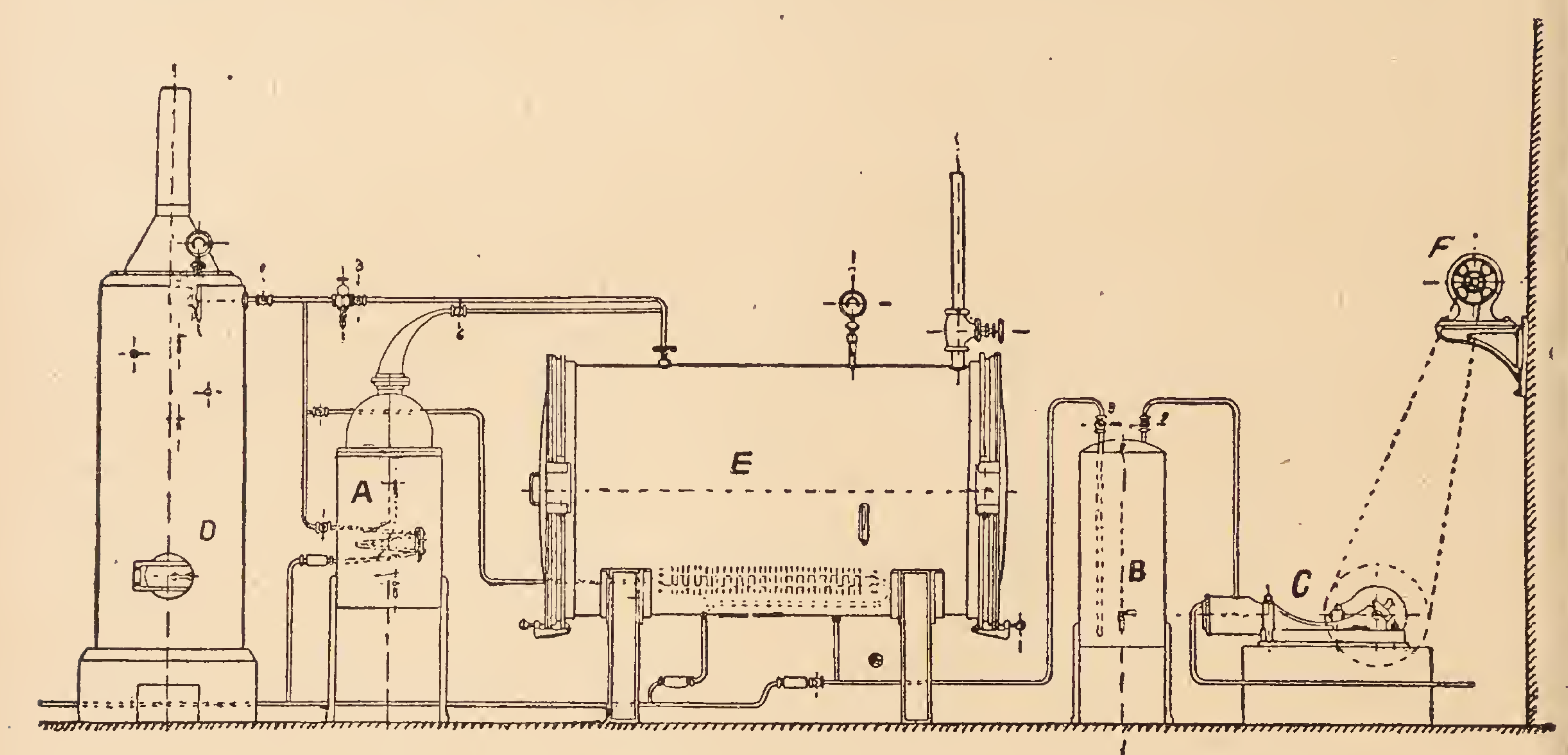


Fig. 159. Formaldehyd-Vakuum-Dampfdesinfektions-Apparat (schematisch). *A* Formalinkessel. *B* Vakuumkessel. *C* Vakuumpumpe. *D* Dampfkessel. *E* Desinfektionsraum. *F* Motor.

Im Rubner-Apparat wird durch Einschaltung eines Kondensators der Formaldehyd wiedergewonnen. Desinfektionsdauer 2½ bis 3½ Stunden. — Die Apparate erfordern ununterbrochen sehr aufmerksame Bedienung durch speziell geschulte Sachverständige. Es ist stete Regulierung der Dampfverteilung für Pumpe, Vorwärmung und Formaldehydkessel nötig; sehr leicht entstehen Undichtigkeiten, die das Vakuum stören. Dazu kommt die Schwierigkeit bzw. Unmöglichkeit der Kontrolle in jedem Einzelfall. Auch verändert sich die Konzentration der Formaldehydlösung fortgesetzt und die Desinfektionswirkung wird dadurch unsicher. Außerdem sind die Kosten hoch; daher ist der Apparat nur anwendbar in großen Betrieben mit sehr zuverlässigem Personal. Jetzt werden die kostspieligen Universal-Apparate in praxi fast durchweg mit Ausschaltung des Vakuums und des Formaldehyds als einfache Dampfapparate betrieben, was eine enorme Verschwendung bedeutet, da die Vakuum-Apparate mehr als 3mal so teuer sind als Apparate mit strömendem Dampf. — In den letzten Jahren sind mehrfach Versuche gemacht, die Kombination von mäßiger Hitze und Formaldehyd beizubehalten, aber ohne das Vakuum. Praktisch nach jeder Richtung empfehlenswerte Konstruktionen liegen indes noch nicht vor.

Die Beobachtung, daß die Schädigungen des Leders usw. nur von *feuchter* Hitze ausgehen, aber bei trockener Hitze von 100° und mehr nicht zustande kommen, hat dazu geführt, die *trockene Erhitzung* zur Desinfektion zu verwenden, trotzdem damit gerechnet werden mußte, daß diese die Keime viel langsamer abtötet (s. S. 552).

Für *Bücher* und Ausrüstungsgegenstände von *Leder* eignet sich ein einfacher Kasten aus Eisenblech von etwa 1 cbm Inhalt, wie die Trockenschränke der Laboratorien mit Doppelwandung usw. versehen, der mittels eines Gasbrenners und Regulators auf der Temperatur von 75—85° gehalten wird. Die Bücher und Ledersachen werden beliebig aufeinandergeschichtet bis zur vollständigen Füllung des Schranks. Die Hitze muß allerdings 48 Stunden einwirken, um *alle* praktisch in Betracht kommenden Krankheitserreger in dicken Büchern sicher abzutöten. — Die längere Dauer der Desinfektion ist aber meist weder bei militärischen Effekten noch bei Büchern von Belang. Die Anschaffungs- und Betriebskosten sind sehr gering (*Mosebach*, *Findel*, *Konrich*). Wird eine Desinfektionsanstalt mit einem einfachen Dampfapparat und daneben mit einem solchen Trockenschrank ausgestattet, so ist eine schonende Desinfektion jeglichen Desinfektionsgutes mit weit geringeren Kosten und — da die Dampfdesinfektion, nicht aber die Vakuum-Desinfektion, durch Kontrollapparate gesichert werden kann — zuverlässiger durchführbar als mit einem Universalapparat.

Die Anwendung der trockenen Hitze erfuhr erneut eine erhöhte Berücksichtigung, als im Kriege die Notwendigkeit der *Läusebekämpfung* hervortrat. Für Kleider und Wäsche eignete sich die Dampfdesinfektion. Aber sie war für die zahlreichen Ledersachen der Ausrüstung nicht benutzbar, und gerade diese wurden sehr oft von den Läusen als Ablagerungsstätten für ihre Eier benutzt. Man griff daher zu der schonenderen *Heißluftdesinfektion* und stellte zunächst fest, daß Kleiderläuse nebst ihren Eiern zugrunde gehen, wenn sie ¾ Stunden auf 60° erhitzt werden. Dementsprechend wurden *Entlausungskammern* eingerichtet, die durch Heizrohre irgendwelcher Art erwärmt, und in denen Kleider und sonstige Ausrüstungsgegenstände ausgebreitet einer trockenen Hitze von etwa 80° ausgesetzt wurden. Bei guter Ausbreitung der Objekte war dann nach 3 Stunden an jeder Stelle sichere Abtötung der Läuse erfolgt.

Man hat dann versucht, durch *bewegte* heiße Luft oder durch Pressung derselben das Erhitzen zu beschleunigen (*Vondran*). Praktisch läßt sich jedoch damit nichts erreichen. Es kommt darauf an, gerade die schwerst zugänglichen, für die Eierablage bevorzugten Stellen (enge Nähte, Stiefelspitzen usw.) zu erreichen, diese werden aber von der Luft umgangen, sobald ihr leichter passierbare Wege offenstehen. Für das Eindringen in feinporöses Material liegen bei der Dampfdesinfektion die Verhältnisse *viel* günstiger, weil hier an allen kühleren Stellen Kondensation des Dampfes und infolgedessen eine Art Vakuumbildung eintritt, die ein Nachströmen des Dampfes bewirkt. Dies fehlt beim Erhitzen mit trockener Luft. In den Apparaten mit trockener Heißluft muß daher lockere Lagerung der

Gegenstände weit mehr beachtet werden, und trotzdem können schwer zugängliche Teile vom Luftstrom völlig unberührt bleiben und werden erst allmählich durch Leitung von den angrenzenden Teilen aus erwärmt. — Weiter war daran zu denken, auch eine Abtötung von Krankheitserregern gleichzeitig mit der Entlausung zu erreichen. Es wurde festgestellt, daß Heißluft von 110 ° in 1 Stunde alle praktisch in Betracht kommenden Keime abtötet, Staphylokokken erst in zwei Stunden, Milzbrandsporen bei 120 ° in 2 Stunden. Die Schwierigkeit liegt aber in dem Vordringen dieser Temperaturen in das Innere des Desinfektionsguts. Bei überall leicht zugänglichen Kleidungsstücken ist etwa mit 1 Stunde, bei Stiefeln mit 2½ Stunden, bei dickeren Kollis mit viel längeren Zeiten zu rechnen. Steigert man in der Praxis die Temperatur der Entlausungskammer auf 80—90 ° und die Dauer auf 5—6 Stunden, so gehen zwar Choleravibrionen, Ruhr- und Diphtheriebazillen zugrunde, aber Staphylokokken und andere Bazillen nicht; und es bleibt immer zweifelhaft, ob ein Eindringen der Hitze an allen Stellen gesichert war (H. Lange). — Will man daher eine zuverlässige Desinfektion mit trockener Hitze erreichen, so ist nur mit langsamer Fortleitung der Wärme und daher mit sehr langer Dauer der Einwirkung zu rechnen, wie bei dem oben beschriebenen Trockenschrankverfahren.

Ausführung der Desinfektion in der Praxis.

Die Ausführung ist verschieden, je nachdem sie während der Krankheit oder aber nach Ablauf der Krankheit stattfinden soll. Die (polizeilich angeordnete) Desinfektion nach Ablauf der Krankheit, sog. Schlußdesinfektion, beseitigt nur die Krankheitskeime, welche nach der Genesung des Kranken, nach dessen Tode oder nach dem Verlassen der Wohnung an Teilen der letzteren und an Gebrauchsgegenständen etwa haften. Viel häufiger aber kommen Ausscheidungen von Krankheitskeimen während der Dauer der Krankheit vor. Allerdings sind während der Krankheit nur wenige Menschen, meist nur der Pfleger, der Ansteckung im Krankenzimmer ausgesetzt. Aber dieser und die Angehörigen müssen auch geschützt werden, und infizierte Gegenstände können leicht aus dem Krankenzimmer herausgelangen und mit zahlreichen Gesunden in Berührung kommen. Daher sind die im folgenden aufgezählten, in neueren Ausführungsbestimmungen zum Preuß. Seuchengesetz vorgeschriebenen Desinfektionen vom ersten Beginn einer akuten übertragbaren Erkrankung an fortdauernd zur Ausführung zu bringen.

Die Ausführung ist verschieden, je nachdem bei einer Krankheit die Ausscheidungen und die sonstigen Infektionsquellen Unterschiede zeigen gegenüber anderen Krankheiten; sie ist daher zweckmäßig für jede einzelne Krankheit gesondert vorzuschreiben. Im folgenden ist nur die Anweisung für die zwei wichtigsten Gruppen von Seuchen

abgedruckt, deren erste z. B. Diphtherie, Scharlach, Genickstarre umfaßt, und deren zweite für Typhus, Paratyphus und (mit geringen Abweichungen) für Ruhr gilt. Die Anweisung für Tuberkulose s. im speziellen Teil.

A. Desinfektion am Krankenbett bei Diphtherie usw.

Während der ganzen Krankheitsdauer sind der Auswurf und alle sonstigen Absonderungen aus Mund und Nase sogleich nach der Entleerung, die Wäsche beim Wäschewechsel, die anderen Gegenstände möglichst bald, nachdem sie verunreinigt sind, zu desinfizieren.

1. Auswurf, Erbrochenes und Gurgelwasser werden in Gefäßen aufgefangen, die bis zur Hälfte mit verdünntem Kresolwasser oder Sublimatlösung gefüllt sind; die Gefäße dürfen erst nach mindestens zweistündigem Stehen in den Ausguß des Krankenzimmers oder den Abort entleert werden; die Gefäße selbst, besonders deren Ränder, sind mit Sublimatlösung abzuspülen.

2. Verbandstücke, mit den Absonderungen des Kranken verunreinigte Watte und dergleichen sind mindestens 2 Stunden lang in die gleichen Lösungen zu legen.

3. Die von den Kranken benutzten Taschentücher und Handtücher, seine Bett- und Leibwäsche, sowie waschbare, von den Krankenpflegern benutzte Kleidungsstücke sind 2 Stunden lang in Gefäße mit verdünntem Kresolwasser oder Sublimatlösung zu legen, so daß sie vollständig von der Flüssigkeit bedeckt sind. Es empfiehlt sich, weiße und bunte Wäsche in verschiedene Gefäße einzulegen.

4. Der Kranke soll sein besonderes Eß- und Trinkgeschirr haben, das im Krankenzimmer verbleiben und hier gereinigt werden muß.

5. Ist der Fußboden des Krankenzimmers, Bettvorleger u. dgl. Gegenstände, die Bettstelle, Betten oder Decken, Matratze, Strohsack, der Nachtisch oder die Wand in der Nähe des Bettes mit den Absonderungen des Kranken beschmutzt worden, so ist die betreffende Stelle sofort mit Sublimatlösung gründlich abzuwaschen. Auch sonst empfiehlt sich häufiges Aufwischen der Umgebung des Bettes mit Sublimatlösung.

6. Die von dem Kranken benutzten Waschbecken und Badewannen, soweit sie nicht von Metall sind, sind mit Sublimatlösung, andernfalls mit verdünntem Kresolwasser auszuscheuern, Zahn- und Nagelbürsten sind ½ Stunde in Sublimatlösung zu legen und dann gründlich mit Wasser nachzuspülen.

B. Desinfektion am Krankenbett bei Typhus usw.

Während der ganzen Krankheitsdauer sind Stuhlgang und Harn sogleich nach der Entleerung, die Wäsche beim Wäschewechsel, der anderen Gegenstände möglichst bald, nachdem sie verunreinigt sind, zu desinfizieren.

1. Stuhlentleerungen sind in einem Steckbecken oder einem sonst geeigneten Gefäß aufzufangen und mit der gleichen Menge Kalkmilch zu übergießen und zu verrühren, der Harn ist in derselben Weise mit Kalkmilch zu versetzen. Die Gemische sind erst, nachdem sie mindestens 2 Stunden gestanden haben, in den Abort zu entleeren. Die benutzten Geschirre, insbesondere auch deren Ränder, sind mit Sublimatlösung auszuscheuern.

2. Bett- und Leibwäsche, zur Reinigung infizierter Gegenstände oder des Kranken benutzte Tücher, Bürsten und dergleichen, sowie waschbare, von den Krankenpflegern benutzte Kleidungsstücke sind mindestens 2 Stunden lang in Gefäße mit Sublimatlösung oder verdünntem Kresolwasser zu legen, so daß sie vollständig von der Flüssigkeit bedeckt sind. Es empfiehlt sich, weiße und bunte Wäsche in verschiedene Gefäße zu legen.

Wäsche, die einer Desinfektionsanstalt übergeben werden soll, ist ohne vorherige Desinfektion in Beutel, die mit Sublimat- oder Kresolseifenlösung getränkt sind, zu legen und diese sind zur Weiterbeförderung in trockene Säcke oder dergleichen zu stecken.

3. wie oben unter 5.

4. Aborte. Nach jeder Benutzung durch den Kranken sind Sitzbrett und Deckel und, soweit sie verunreinigt worden sind, Wand und Fußboden mittels Lappen, die mit Sublimatlösung getränkt sind, gründlich abzuwaschen. Griffe an der Wasserspülung und Türklinken, die von dem Kranken berührt sind, sind in derselben Weise, Metallteile mit verdünntem Kresolwasser zu desinfizieren.

Abortkübel, Tonnen und Eimer sind täglich mit Kalkmilch zu versetzen und nach der Entleerung auch außen mit Kalkmilch zu bestreichen. Gruben sind während der Dauer einer Epidemie nicht zu entleeren.

5. Der Kranke soll sein besonderes Eß- und Trinkgeschirr haben, das im Krankenzimmer verbleiben und hier gereinigt werden muß. Bevor es durch andere benutzt wird, ist es 15 Minuten lang in Wasser oder in 2%iger Sodalösung auszukochen. Messer, Gabeln und sonstige Geräte, die das Auskochen nicht vertragen, sind mit Sublimatlösung zu reinigen und mit Wasser nachzuspülen.

6. wie oben unter 6.

Die laufende Desinfektion wird da, wo sie nicht von geschultem Personal ausgeführt wird, sondern Angehörigen überlassen werden muß, fast immer unvollkommen bleiben. In einigen Städten (Breslau, Berlin) ist daher die Einrichtung getroffen, daß Desinfektoren oder besser Desinfektionsschwestern, d. h. Krankenschwestern, die besonders in der Desinfektion ausgebildet sind, in die Wohnungen gehen, aus denen Seuchen gemeldet sind, den Angehörigen die Handhabung zeigen und sie gelegentlich kontrollieren. Erst dadurch wird die laufende Desinfektion zu einem gut wirksamen Mittel zur Seuchenbekämpfung.

Unrichtigerweise hat man an diese Verbesserung der Desinfektion am Krankenbett die Hoffnung geknüpft, daß die Schlußdesinfektion stark eingeschränkt werden könne. Verschiedene Ärzte und Kreisärzte haben sich neuerdings dafür ausgesprochen, daß überhaupt nur noch während der Krankheit desinfiziert werden solle, oder daß wenigstens in den Fällen von der Schlußdesinfektion ganz abzusehen sei, wo die laufende Desinfektion gut durchgeführt war.

Eine solche Änderung ist aber entschieden unzulässig. Die Sicherheit, daß die infizierten Gebrauchsgegenstände während der Krankheit richtig desinfiziert und seitdem nicht wieder von neuem infiziert sind, besteht niemals. In der Mehrzahl der Fälle wird auch die richtige Ausführung der Desinfektion angezweifelt werden müssen; sehr häufig ist vor der Überführung des Kranken ins

Krankenhaus oder vor dessen Tode überhaupt nicht desinfiziert. Andererseits ist zu bedenken, daß nach Ablauf der Krankheit die Wohnung und die Gebrauchsgegenstände dem freien Verkehr übergeben werden, und daß dadurch die Gefahr einer stärkeren Ausbreitung der Krankheit ganz bedeutend anschwillt gegenüber der Zeit während der Krankheit, wo der Kranke vorschriftsmäßig nur mit dem Pfleger verkehrte. Eine der wichtigsten Aufgaben der Desinfektion besteht doch offenbar darin, die nach Ablauf der Krankheit in der verseuchten Wohnung größtenteils ohne Ahnung einer Gefahr verkehrenden Menschen zu schützen, nicht etwa nur das Pflegepersonal, das sich zwar bei der Pflege des Kranken berufsmäßig der Gefahr der Infektion aussetzt, aber sich auch gegen diese zu wehren versteht. Die Familie und die Nachbarn des Kranken, aber auch weitere Kreise werden eine Entseuchung notorischer Seuchenherde mit vollem Recht verlangen, und man würde die Schlußdesinfektion jedenfalls sehr bald wieder einführen müssen, wenn sie im Vertrauen auf die laufende Desinfektion abgeschafft wäre. — Auch das ist zu bedenken, daß durchaus nicht die gleichen Gegenstände während und nach der Krankheit für die Desinfektion in Betracht kommen. Vor allem kann das Bett des Kranken während der Krankheit nicht zuverlässig desinfiziert werden; und auch die Kleider, Teile des Zimmers usw. fallen während der Krankheit nicht einer so gründlichen Desinfektion anheim, wie es bei der Schlußdesinfektion verlangt wird und geschieht. — Die Erkenntnis, daß der Kranke vor der Isolierung und der Rekonvaleszent oft eine größere Übertragungsgefahr bieten, als die infizierten toten Objekte, hat offenbar zu starken Übertreibungen geführt. Mag auch die letztere Gefahr viel geringer sein, so darf sie deshalb doch nicht ganz vernachlässigt werden. Fehlt es doch nicht an zahlreichen sicheren Beweisen dafür, daß auch durch totes Infektionsmaterial Ausstreuung von Krankheitserregern erfolgen kann.

Dagegen muß zugegeben werden, daß die Schlußdesinfektion bisher vielfach mit unnötiger Gründlichkeit betrieben ist und daß ihre Vereinfachung und Verbilligung angestrebt werden muß, zumal die zur Desinfektion verwendeten Mittel eine enorme Preissteigerung erfahren haben. Man wird daher versuchen müssen, demnächst ohne die Desinfektion sämtlicher Wohnungsteile und Gebrauchsgegenstände durch Formaldehyd auszukommen, für gewöhnlich nur die wesentlich in Betracht kommenden Teile der Wohnung durch Abwaschen mit Sublimatlösung (dem einzigen noch einigermaßen billigen Desinfektionsmittel) zu desinfizieren und die Formaldehyddesinfektion nur für besonders schwierige und gefahrdrohende Fälle aufzusparen. Ebenso wird die Dampfdesinfektion, die teuere Apparate und einen umständlichen Transport der Sachen voraussetzt, möglichst einzuschränken und durch Abwaschen und Abbürsten mit desinfizierenden Lösungen zu ersetzen sein.

Auch bezüglich des Personals sind Konzessionen angezeigt. Bisher durften gültige Schlußdesinfektionen nur von staatlich angestellten, in Desinfektorenschulen ausgebildeten und geprüften Personen ausgeführt werden; und dies geschah oft mit einer den Nutzen völlig in Frage

stellenden Verspätung. Wenn aber jetzt während der Krankheit Desinfektionsschwestern tätig gewesen sind, so wird diesen auch die baldige Ausführung einer vereinfachten Schlußdesinfektion (unter Beihilfe der Angehörigen) übertragen werden können. Namentlich wenn sie in demselben Erkrankungsfall während der Krankheit tätig waren, wird es ihnen am besten gelingen, nach Maßgabe der Durchführung der laufenden Desinfektion Vereinfachungen bei der Schlußdesinfektion eintreten zu lassen.

Aus diesen Erwägungen heraus erscheinen für die Schlußdesinfektion bei den wichtigsten einheimischen Seuchen folgende Bestimmungen ausreichend:

A. Schlußdesinfektion bei Diphtherie usw.

Die Schlußdesinfektion hat sich auf alle Gegenstände zu erstrecken, die mutmaßlich mit Absonderungen des Kranken verunreinigt sind.

1. Vor allem ist das Bett des Kranken zu berücksichtigen. Die Überzüge der Betten sind abzuziehen und ebenso wie die Bettlaken sofort auszukochen oder für 2 Stunden in Sublimatlösung oder verdünntes Kresolwasser zu legen, nachher in Wasser zu spülen. Die Matratzen, Strohsäcke, Betten sind herauszunehmen und mit Sublimatlösung gründlich abzureiben oder abzubürsten. Ebenso ist mit der Bettstelle innen und außen, mit dem Nachttisch, der Bettvorlage und anderen im Bereich des Kranken befindlichen Gegenständen zu verfahren. Auch die Wandfläche in der Nähe des Bettes ist mit Sublimatlösung abzureiben.
2. Der Fußboden und die Scheuerleisten des Krankenzimmers sind mit der gleichen Lösung aufzuwischen.
3. Die von dem Kranken benutzten Waschbecken und Badewannen, soweit sie nicht aus Metall sind, sind mit Sublimatlösung, anderenfalls mit verdünntem Kresolwasser auszuscheuern. Zahn- und Nagelbürsten sind ½ Stunde in Sublimatlösung zu legen und dann gründlich mit Wasser nachzuspülen.
4. Eß- und Trinkgeschirr ist 15 Minuten lang in Wasser oder in 2%iger Sodalösung auszukochen. Messer, Gabeln und sonstige Geräte, die das Auskochen nicht vertragen, sind nach jedem Gebrauch in Sublimatlösung abzuwaschen und mit Wasser nachzuspülen.
5. Spielsachen sind, soweit sie nicht verbrannt werden, mit Sublimatlösung abzureiben und danach mit Wasser abzuwaschen; ebenso sind die von dem Kranken gebrauchten Bücher und Bilderbücher mit Sublimatlösung abzureiben. Wertvolle Bücher sind statt dessen 8 Wochen verschlossen zu halten, bevor sie wieder gebraucht werden.
6. Die während der Krankheit und kurz vorher getragenen Kleider sind mit Sublimatlösung abzureiben oder abzubürsten.
7. Die getragene Leibwäsche, Taschentücher und Handtücher sind für zwei Stunden in verdünntes Kresolwasser oder Sublimatlösung zu legen, um dann wie gewöhnlich gewaschen zu werden.
8. Während in der Regel andere als die aufgeführten Gegenstände einer Desinfektion nicht unterzogen werden sollen, können unter Umständen vom Arzt oder

Kreisarzt weitergehende Maßnahmen für erforderlich erklärt werden. Insbesondere wird dies da in Betracht kommen, wo die Gefahr einer Weiterverbreitung der Krankheit ungewöhnlich groß ist, z. B. in Pensionaten, ebenso in überfüllten und besonders unsauberen Wohnungen. Hier wird eine Desinfektion des ganzen Krankenzimmers und der in ihm enthaltenen Gegenstände, erforderlichenfalls unter Zuhilfenahme von Formaldehyd und der Dampfdesinfektion, nicht zu umgehen sein.

B. Schlußdesinfektion bei Typhus usw.

1. wie oben, nur ist einzuschalten hinter „Betten sind . . . abzubürsten“: Bei stärkerer Verschmutzung sind sie in Dampf zu desinfizieren.

2. wie oben unter 2.

3. Sitzbrett, Deckel und Fußboden des Aborts sind mittels Lappen, die mit Sublimatlösung getränkt sind, abzuwischen. Abortkübel usw. wie während der Krankheit.

4. wie oben unter 3; 5. wie oben unter 4; 6. wie oben unter 7; 7. wie oben unter 8.

II. Die Infektionswege (Übertragungswege).

Das Vorhandensein einer Infektionsquelle bedingt an und für sich nicht bereits eine Ausbreitung der betreffenden Krankheit. Es muß vielmehr Gelegenheit gegeben sein, daß die Erreger von der Infektionsquelle aus zu denjenigen Stellen des Körpers empfänglicher Individuen gelangen, von denen aus ein Eindringen in den Körper erfolgen kann. Diese Stellen sind meist gewisse Schleimhäute, zuweilen die Haut; es muß daher ein Transport der Erreger von den Infektionsquellen auf die Schleimhaut des Mundes, des Rachens usw. des Gesunden stattfinden. Ein solcher Transport erfolgt teils durch Vermittlung der Hände und durch Berührungen, teils durch Genuß infizierter Nahrung und infizierten Wassers oder durch Einatmung infizierter Luft oder durch Insekten. Die einzelnen Übertragungswege bedürfen noch einer kurzen Erläuterung:

1. Berührungen. Gesunde Personen berühren, meist mittels der Hände, Infektionsquellen (den Kranken, Exkrete, Wäsche, Eßgeschirr u. dgl.) einerseits, ihre eigenen oberflächlichen Schleimhäute oder kleinste Hautwunden andererseits. Es ist dies ein verbreiteter Transportweg, der leicht unterschätzt wird, weil viele manuelle Berührungen unbewußt und unmerklich sich vollziehen.

Nachweislich bleiben bei der Berührung von Infektionsquellen leicht Erreger an den Händen der Berührenden haften und werden auch durch die üblichen Reinigungsverfahren nicht vollständig wieder entfernt; andererseits bringen viele Menschen oft unbewußt die Finger mit dem Munde, der Nase, den Augen in Berührung, oder fügen sich durch Kratzen kleine Erosionen der Haut zu. Ein solcher Transport kommt daher für diejenigen Infektionserreger, die von einer dieser Berührungsstellen aus in den Körper einzudringen vermögen, d. h. für die

akuten Exantheme, Wundinfektionskrankheiten, Milzbrand, gelegentlich auch für Diphtherie, Cholera, Typhus, Ruhr, Tuberkulose usw. zweifellos in Frage.

Naturgemäß ist die Gefahr solcher Übertragung am größten für Familienmitglieder und für diejenigen Menschen, die berufsmäßig mit Infektionsquellen zu tun haben. Exponiert sind unter den Angehörigen des Kranken insbesondere jüngere Kinder, die alles anfassen oder auf dem Fußboden kriechen, die Finger fortgesetzt in den Mund stecken und hier so lange verweilen lassen, daß eine Ablösung der anhaftenden Erreger zustande kommt (was bei Erwachsenen nur ausnahmsweise der Fall ist); berufsmäßig die Pfleger, viel weniger der Arzt; demnächst Wäscherinnen, Desinfekteure, ferner Trödler, Lumpensortierer (Infektion mit Rotz und Milzbrand auch bei Gerbern, Roßhaararbeitern). In geringem Grade sind Menschen exponiert, welche mit verdünnten Infektionsquellen zu tun haben, wie z. B. die Kanalreiniger. — Außerdem können aber beliebige andere Menschen durch zufällige Berührung mit Infektionsquellen infiziert werden. Die im gleichen Hause mit dem Erkrankten Wohnenden sind Übertragungen durch Treppengeländer, Türgriffe u. dgl. ausgesetzt; im Menschengedränge der Straße, in Läden, in Droschken, Straßen- und Eisenbahnwagen kann jeder gelegentlich mit Krankenpflegern, Angehörigen, Wäsche- und Kleiderbündeln, an denen Infektionserreger haften, in Berührung kommen.

2. Genuß von Wasser und Nahrungsmitteln, welche Infektionserreger aufgenommen hatten. Diese Transportwege sind von Bedeutung bei denjenigen Infektionserregern, welche vom Darmtraktus aus die Infektion veranlassen (Typhus, Paratyphus, Ruhr, Cholera, Cholera infantum, Perlsucht, Milzbrand beim Rindvieh). Unter den Nahrungsmitteln sind solche am gefährlichsten, welche einen günstigen Nährboden für pathogene Bakterien abgeben oder welche roh oder ungenügend gekocht genossen werden (Milch, Salat, Radiese, Erdbeeren, Austern usw.). — In großer Ausdehnung kann Wasser infizierend wirken; auch dann, wenn es nicht als Getränk genossen, sondern nur zur Reinigung der Eß- und Trinkgeschirre, zum Baden oder dgl. benutzt wird.

3. Einatmung. Die in der Luft in Form von Hustentröpfchen oder von Staub enthaltenen Krankheitserreger werden durch die Einatmung entweder auf die Schleimhaut der Nase, des Mundes und Rachens gebracht und können durch Verschlucken in den Darm gelangen; oder, bei reichlichem Gehalt der Luft an Krankheitserregern, kann ein Bruchteil bis in die feineren Bronchien geführt werden und von da aus schnell vorschreitende Infektionen veranlassen. Oft finden beide Arten von Ansiedlungen nebeneinander statt.

4. Insekten Nicht stechende Insekten, namentlich Fliegen, können eine Ausdehnung der Infektionsquellen herbeiführen, indem sie Teilchen von konzentrierten Infektionsquellen auf Speisen, Kleider, Haut usw. übertragen, von wo ein erleichterter Transport in den Körper

stattfindet. — Stechende und blutsaugende Insekten und Spinnentiere spielen bei der Übertragung mehrerer Infektionskrankheiten eine ausschlaggebende Rolle; manche ermöglichen als Zwischenwirte den Erregern eine Entwicklung, welche diese erst befähigt, in gesunden Menschen sich anzusiedeln.

Dahin gehören a) Stechmücken: verschiedene Anophelesarten übertragen die menschliche Malaria; Stegomya calopus das Gelbfieber, Culex fatigans das Denguefieber, Phlebotomusarten das 3-Tage-Fieber. b) Stechfliegen: Glossina palpalis vermittelt die Schlafkrankheit; Glossina morsitans die Trypanosen verschiedener Nutztiere. c) Kleiderläuse übertragen die Erreger des Fleckfiebers, des Rückfallfiebers, des 5. Tage-Fiebers (febris wolhynica). d) Eine brasilianische Wanzenart ist der Zwischenwirt bei einer dort vorkommenden Trypanose des Menschen. e) Zecken (zu den Spinnentieren gehörend) kommen als Zwischenwirte bei dem Afrikanischen Rückfallfieber und bei den Piroplasmosen der Haustiere (Texasfieber) in Betracht. 6. Flöhe spielen eine Rolle bei der Verbreitung der Pest; ferner bei Kala-Azar (s. im speziellen Teil).

Die Bedeutung des einzelnen Infektionsweges für die Verbreitung einer bestimmten Krankheit hängt wesentlich davon ab, ob der Weg zu derjenigen Infektionsstätte führt, an welcher den Erregern die Ansiedlung leicht wird. Für Tuberkelbazillen wird die Einatmung, für Cholera Wasser, für Erysipel Berührungen den weitaus wichtigsten Transportweg darstellen, während umgekehrt die Einatmung für Erysipel, Wasser für Tuberkulose, Einatmung für Cholera nicht in Betracht kommt. — Bei manchen Krankheiten wird der Grad der Kontagiosität dadurch beeinflußt, daß sie von verschiedenen Invasionsstätten aus eindringen; so vermögen die akuten Exantheme durch Einatmung und durch Kontakte übertragen zu werden, während bei der Cholera die Infektionserreger unbedingt in den Dünndarm gelangen müssen.

Bemißt man die Bedeutung der einzelnen Übertragungswege nach der Häufigkeit, mit der sie Infektionskrankheiten veranlassen, so tritt die im unmittelbaren Verkehr mit dem Kranken oder Rekonvaleszenten drohende Einatmung von Hustentröpfchen als der weitaus am meisten beteiligte Infektionsmodus hervor. Bei Influenza, Lungenpest, Keuchhusten und anderen akuten Erkrankungen der Atemwerkzeuge ist dies die einzige Art der Übertragung, bei den akuten Exanthemen, Tuberkulose, Diphtherie u. a. eine wesentlich beteiligte. Wohl kommen Berührungen, Einatmung von keimhaltigem Staub, Genuß keimhaltiger Nahrung bei einigen Seuchen (z. B. Tuberkulose) neben der Tröpfcheneinatmung, bei einigen anderen sogar vorzugsweise oder ausschließlich in Betracht; aber der Umfang der in dieser Weise sich vollziehenden Infektionen ist bei weitem geringer. Freilich

sind letztere Übertragungen besonders unheimlich, insofern sie sich oft fern vom Kranken und ohne irgendwelchen bewußten Verkehr mit diesem vollziehen. Auch kam zweifellos in früherer Zeit, als Typhus, Cholera, Ruhr unter den Seuchen mehr in den Vordergrund traten, den Berührungen und der infektiösen Nahrung größere Bedeutung zu; und in warmen und weniger kultivierten Ländern spielen noch jetzt teils diese, teils die durch Insekten übertragenen Krankheiten eine größere Rolle als die auf Einatmung infektiöser Tröpfchen beruhenden. Aber im mittleren Europa herrschen, wie ein Blick auf die Statistik der Todesursachen zeigt, letztere bei weitem vor, und die Einatmung von Hustentröpfchen ist der am meisten zu fürchtende Übertragungsmodus.

Einengung und Verschließung der Infektionswege.

1. Berührungen. Die oben als gefährlich bezeichneten Berührungen von Mund und Nase mit möglicherweise infizierten Händen sind tunlichst einzuschränken; Sitte und Erziehung kann in dieser Richtung viel zum Schutze der Gesunden beitragen. — Einen noch wichtigeren Schutz gegen Kontaktinfektionen von unbekannten Infektionsquellen aus bietet konsequente Reinlichkeit in bezug auf Körper, Wäsche, Kleidung und Wohnung. Häufige Reinigung der Hände, als der bedeutsamsten Vermittler von infektiösen Berührungen, ist besonders wichtig. Regelmäßiger Wäschewechsel ist der beste Schutz gegen Ungeziefer und die durch dieses übertragenen Erkrankungen. So wenig bei bewußter Infektion Reinigung als Schutzmittel empfohlen werden kann, so dringend ist eine gewohnheitsmäßige Reinlichkeit zur Abwehr von unbewußten Kontakt-Infektionen anzuraten. Leider spielen diese freilich nur bei verhältnismäßig wenig infektiösen Erkrankungen eine Rolle und gegen die verbreiteteren Übertragungsarten und besonders gegen die Tröpfchen-Infektion gewährt die persönliche Reinlichkeit keinen Schutz.

Für den Schutz der berufsmäßig exponierten Pfleger und der Angehörigen ist es von großer Bedeutung, daß die Absperrung des Kranken richtig durchgeführt, das Pflegerpersonal gut geschult und die Desinfektion zweckentsprechend gehandhabt wird. Außer den oben gegebenen Desinfektionsvorschriften sind namentlich folgende Maßnahmen zu beachten:

A. Die Absonderung des Kranken. Falls der Arzt nach Prüfung der Wohnungsverhältnisse eine ausreichende Absonderung des Kranken für nicht durchführbar hält, ist die Überführung in ein Krankenhaus dringend zu empfehlen, sowohl im Interesse des Kranken, wie im Interesse der Familienmitglieder und der Nachbarn, auf welche andernfalls die Krankheit übergreifen würde.

Für die Absonderung in der Wohnung ist ein Zimmer erforderlich, welches von den übrigen bewohnten Räumen möglichst durch einen unbenutzten Raum

(Vorraum) getrennt ist. Es ist vorteilhaft, wenn ein Wasserleitungshahn und ein Ausguß sich im Zimmer befinden.

Bevor der Kranke in das Zimmer übergeführt wird, sind aus letzterem die Gebrauchsgegenstände zu räumen, welche für die Krankenpflege nicht erforderlich sind; vor allem gefüllte Wäsche- und Kleiderschränke, Vorräte von Nahrungsmitteln, überflüssige Teppiche und Polstermöbel, ferner Vorhänge, soweit sie nicht zur Verdunkelung des Zimmers erwünscht sind. Nachdem der Kranke in das Absonderungszimmer übergeführt ist, dürfen aus diesem Gegenstände nur nach vorgängiger Desinfektion in andere Räume gebracht werden.

Der Kranke darf mit anderen, als den zu seiner Pflege bestimmten Personen nicht in Berührung kommen. Er darf das Zimmer nicht verlassen, auch den gemeinsamen Abort nicht benutzen.

Zur dauernden Ausstattung des Krankenzimmers gehören: 1. ein Gas-, Spiritus- oder Petroleumkocher zur Bereitung von heißem Wasser, Auskochen von Eß- und Trinkgeschirr usw.; dazu die nötigen Töpfe, Tassen, Löffel, einige Tücher; 2. ein Schrubber mit Scheuertuch, einige Hader, Eimer, zur Reinigung des Zimmers; 3. eine besondere Waschvorrichtung zur Händedesinfektion für den Pflegenden; 4. Lampe, Leuchter, falls nicht Anschluß an zentrale Lichtquelle vorhanden ist; 5. die zur eigentlichen Krankenpflege erforderlichen Utensilien, wie Unterschieber, Speigläser, Mulläppchen, Papiertaschentücher zur Aufnahme von Ausscheidungen aus Mund oder Nase; Desinfektionsmittel; einige waschbare Überkleider usw.

Die aufgeführten Gegenstände sollen dauernd im Krankenzimmer verbleiben; Eimer und Töpfe mit Schmutzwasser sind, nachdem der Inhalt desinfiziert ist, vor die Tür zu setzen und durch Angehörige zu entleeren. Speisereste, Eß- und Trinkgeräte, die nicht im Krankenzimmer durch Kochen desinfiziert werden können, sind in einen größeren Topf einzustellen, der von Angehörigen alsbald mit heißem Wasser oder Sodalösung gefüllt und auf dem Herde gekocht wird. Vorräte von Brennmaterial, Petroleum, Ersatz von Geschirr, Tüchern u. dgl., ebenso die Speisen und Getränke für den Kranken werden vor der Tür des Krankenzimmers abgesetzt, und nachdem der Überbringer angeklopft und sich wieder entfernt hat, vom Pflegenden ins Krankenzimmer genommen. Sind Abgänge des Kranken in den Abort zu entleeren, so muß dies entweder der Pfleger besorgen, nachdem er sich vorher vorschriftsmäßig desinfiziert hat, oder eine andere über die erforderliche Desinfektion des Geschirrs und des Aborts wohl unterrichtete Persönlichkeit.

B. Verhalten des Pflegepersonals. Vor dem Betreten des Krankenzimmers können die Pflegenden ihr gewöhnliches Oberkleid ablegen; nach dem Eintritt müssen sie jedenfalls ein waschbares Überkleid (Mantel, große Schürze) anlegen. Jedesmal vor dem Verlassen des Zimmers haben sie ihre Hände (nötigenfalls auch das Gesicht) vorschriftsmäßig zu desinfizieren, dann das Überkleid abzulegen und in der Nähe der Tür aufzuhängen. Auch wenn dies geschieht, haben sie nach dem Verlassen des Krankenzimmers den Verkehr mit anderen Menschen tunlichst einzuschränken.

Beim Wechseln der Überkleider müssen die gebrauchten in desinfizierende Lösung eingelegt werden (s. S. 579).

Die Pfleger sollen unnötige Berührungen des Kranken vermeiden; sie müssen darauf achten, daß sie mit ihren Fingern nicht unwillkürlich Mund oder Nase berühren. An hustende Kranke sollen sie von rückwärts oder seitlich herantreten und ihr Gesicht nicht ohne besondere Veranlassung auf weniger als Armeslänge nähern.

Die Reinigung des Krankenzimmers darf nur durch feuchtes Abwischen des Fußbodens und der Möbel geschehen; jede Entwicklung von Staub ist zu vermeiden. Die zur Reinigung benutzten Utensilien müssen, ehe sie aus dem Krankenzimmer herauskommen, desinfiziert werden. Zeitweise Lüftung des Zimmers (durch Öffnung oberer Fensterscheiben, offene Ofentüren) ist zur Beseitigung von Gerüchen und für das Befinden des Kranken erforderlich. Zuglüftung darf nur angewendet werden, wenn die Lage des Krankenzimmers derart ist, daß die Luft desselben dadurch nicht in andere bewohnte Räume getrieben werden kann.

Der Arzt, der Seelsorger und andere Personen, welche dringende Pflichten zum Kranken führen, müssen ähnliche Vorsichtsmaßregeln gegen die Weiterverbreitung der Krankheit anwenden wie das Pflegepersonal; unbedingt müssen sie vor dem Verlassen des Krankenzimmers ihre Hände desinfizieren.

Der Arzt kann sich, seine Angehörigen und seine übrigen Patienten dadurch schützen, daß er beim Besuch Kontagiöser *seine Bewegungen überwacht*, derart, daß keine unbewußte Berührung seiner Kleider mit Infektionsquellen erfolgt. Der Vorderarm ist (durch Abnahme der Manschetten und Zurückstreifen des Rockärmels) teilweise zu entblößen, oder es werden Gummiärmel übergezogen; noch besser ein Oberkleid (wie das des Pflegers), das jedesmal beim Betreten des Krankenzimmers angelegt wird und dort bis zum Ablauf der Krankheit verbleibt. Vor dem Verlassen des Krankenzimmers sind Hände und Arme, ebenso gebrauchte Instrumente mit Sublimatlösung zu desinfizieren.

Zweckmäßig trägt für alle Fälle der Arzt ein kleines Fläschchen (zu 30 ccm) mit Sublimatlösung 1:1000 bei sich. Indem er sich etwas von der Lösung in die hohle Hand gießt und dann die Hände, Vorderarme und Ärmel damit tüchtig abreibt, kann er eine Desinfektion der hauptsächlich in Betracht kommenden Körperteile ohne alle weitere Utensilien ausführen. Die geringe Menge Sublimatlösung trocknet so rasch, daß ein Abtrocknen mittels Handtuchs unnötig ist.

In *weitaus* den *meisten* Fällen werden diese Schutzmaßregeln ausreichen; *zuweilen* aber wird es vorkommen, daß der Arzt infolge von unruhigen Bewegungen des Kranken, staubiger Luft usw. seine ganze Kleidung, Gesicht, Bart für infiziert halten muß.

Fälschlicherweise glauben manche Ärzte dann eine ausreichende Desinfektion zu erzielen, wenn sie „durch die Luft gehen“ oder die Kleider zum Lüften hinhängen. S. 371 ist dargelegt, daß die Krankheitserreger auf diese Weise durchaus *nicht* beseitigt werden.

In solchem Fall muß vielmehr der Arzt Gesicht, Haar und Bart mit Sublimatlösung abwaschen, wie es den Desinfektoren vorgeschrieben ist, und seine ganze Kleidung mit einer mit Sublimatlösung angefeuchte-

ten Bürste gründlich abbürsten oder in der Desinfektionsanstalt desinfizieren lassen.

2. Wasser ist namentlich zu Epidemiezeiten aus tadellosen Leitungen oder Brunnen zu entnehmen, Flußwasser nur zu benutzen, wenn gut angelegte und überwachte Filterwerke vorhanden sind. Die Nahrung muß in Zeiten, wo Infektionen mit Typhus, Cholera, Ruhr zu fürchten sind, stets gekocht genossen werden; Milch, Fleisch, Nahrungsmittel aus Gemüsekellern sind mit besonderer Vorsicht zu behandeln, Brot ist zu rösten oder wenigstens im Bratofen kurz zu erhitzen; die Küchengerätschaften sind von Zeit zu Zeit einer Desinfektion mit kochender Sodalösung zu unterwerfen.

3. Einatmung. Um die Luft des Krankenzimmers frei von Erregern zu halten, ist bei der Reinigung der Zimmer, Kleider usw. Staubbildung zu vermeiden; bei akuten Exanthemen verhütet die Einreibung der Haut des Kranken mit Lanolin die Ablösung trockener Schüppchen. — Von größter Bedeutung ist der Schutz vor den beim Husten verspritzten Tröpfchen. Für den hustenden Kranken ist anzuordnen, daß er während der Hustenstöße sich auf Armlänge von den in seiner Umgebung befindlichen Menschen fernhält, den Kopf von deren Gesicht abwendet und die Hand vor den Mund hält. Die Gesunden sollen ihrerseits auf Armlänge vom Hustenden zurück — und seitlich aus dem Bereich der Hustenstöße heraustreten. Bei hochgradiger Gefahr, z. B. bei Lungenpest, kann während einer unvermeidlichen Annäherung an den Kranken das Tragen einer Kobrakschen Schutzmaske (s. Kap. IX) in Betracht kommen.

Der das Anstandsgefühl verletzenden und dabei so verhängnisvollen, leider weit verbreiteten Unsitte, andere Menschen rücksichtslos anzuhusten, sollte durch Belehrung, Merkblätter, Plakate usw. viel mehr als bisher entgegengetreten werden.

4. Insekten. Der Ausbreitung der Infektionsquellen durch Fliegen ist dadurch zu begegnen, daß alle Fäkalien, namentlich bei Ruhr- oder Typhusverdacht und sonstige Infektionsquellen so bedeckt gehalten werden, daß den Fliegen der Zutritt unmöglich ist. Außerdem ist die Fliegenplage nach Möglichkeit mit den üblichen Mitteln zu bekämpfen.

Gegen die stechenden Insekten müssen je nach deren Art und je nach der in Betracht kommenden Krankheit sehr verschiedene Maßnahmen ergriffen werden; diejenigen gegen Stechmücken sind im speziellen Teil bei „Malaria“ und „Gelbfieber“, die gegen Kleiderläuse bei „Fleckfieber“ besprochen.

III. Die persönliche Disposition und Immunität.

In den Krankheitserregern haben wir genau genommen niemals die einzige, ausreichende Ursache der Infektionskrankheiten zu sehen, sondern letztere entwickeln sich erst aus dem Zusammenwirken des Krankheitserregers und eines für dessen Entwickelung günstigen Substrats, eines „empfänglichen" oder für die Erkrankung „disponierten" Organismus (Organs). Es ist irrelevant, ob jenes günstige Substrat vielleicht richtiger als „Ursache", der Parasit dagegen als „auslösender Reiz" bezeichnet wird; dem Sprachgebrauch entspricht es besser, die Bezeichnung „Ursache" für den die Erkrankung plötzlich auslösenden Erreger beizubehalten. Keinesfalls darf aber die Disposition vernachlässigt werden; sie spielt bei verschiedenen Infektionskrankheiten eine wichtige Rolle und hat auch auf die Ausbreitung solcher Krankheiten erheblichen Einfluß.

Seit lange hat man beobachtet, daß unter einer Anzahl von gesunden Individuen, welche in gleicher Weise mit Infektionserregern in Berührung kommen, nur einige erkranken, während andere selbst bei wiederholter Infektionsgefahr bzw. bei absichtlicher Infektion gesund bleiben; letztere bezeichnet man als unempfänglich oder immun oder refraktär für die betreffende Infektionskrankheit.

Man unterscheidet eine angeborene Immunität bzw. Disposition, die sich auf eine, aber auch auf mehrere parasitäre Erkrankungen erstrecken kann, und eine erworbene, gewöhnlich streng spezifische gegenüber einem Krankheitserreger; letztere kann auf natürlichem Wege, z. B. durch Überstehen einer parasitären Erkrankung entstanden oder absichtlich, künstlich, durch sog. Schutzimpfung hervorgerufen sein.

Zunächst sind diejenigen Eigenschaften des Körpers und diejenigen Vorgänge im Körper zu besprechen, welche auf Grund neuerer Beobachtungen und experimenteller Forschungen als Ursache der Immunität angesehen werden müssen; sodann die absichtliche Herstellung der Immunität und die einzelnen künstlichen Immunisierungsmethoden, namentlich soweit sie sich praktisch für die Bekämpfung der parasitären Krankheiten verwenden lassen.

A. Wesen und Ursachen der Disposition und Immunität.

1. Äußere Ursachen.

Äußerlich gelegene Schutzvorrichtungen des Körpers können die angeborene Empfänglichkeit von ganzen Tierspezies oder von einzelnen Individuen einer Spezies bestimmen, indem sie je nach ihrer besseren oder schlechteren Entwickelung das Eindringen der Parasiten

und deren Hingelangen zur spezifischen Invasionsstätte erschweren oder erleichtern. So ist der Magensaft je nach dem Grade seiner sauren Reaktion imstande, bei der einen Tiergattung bzw. bei einigen Individuen die auf eine Wucherung im Dünndarm angewiesenen Infektionserreger stärker zu schädigen, als bei anderen Gattungen bzw. Individuen, bei denen infolge des geringen Säuregrades diese Schutzpforte leicht passiert wird (Cholera). Ferner bieten die engen und verschlungenen Eingangswege, das Flimmerepithel und die empfindliche, Hustenstöße auslösende Schleimhaut des Respirationstraktus, die Darmperistaltik, der Lidschlag und die Tränensekretion bedeutsame, aber sowohl nach der Tierspezies wie individuell verschieden entwickelte Hindernisse für das Eindringen von Parasiten. An verschiedenen Invasionsstätten äußert das normale schleimige Sekret bakterizide Wirkungen (Vagina, Dünndarm) oder die Epithelbekleidung setzt dem weiteren Vordringen der Parasiten und der Resorption ihrer giftigen Produkte kräftigen Widerstand entgegen; und auch in dieser Beziehung scheinen erhebliche Differenzen vorzuliegen, so daß z. B. eine scheinbar unbedeutende Auflockerung des Epithels durch Katarrhe und dgl. oder Änderungen in der Beschaffenheit der Sekrete, abhängig von Blutfülle, Ernährungszustand und nervösen Einflüssen, ausschlaggebend werden können für die Entwickelung der parasitären Krankheit. Auch durch phagozytäre Wirkung (s. unten) scheinen Epithelzellen sich am Schutze des Körpers gegen eindringende Parasiten zu beteiligen. Hat ein Durchtritt von Keimen durch die Lymphspalten einer Schleimhaut stattgefunden, dann sind es vor allem die Lymphdrüsen, in welchen die Eindringlinge abgefangen und unter Umständen abgetötet werden.

Häufig ändert sich die Empfänglichkeit desselben Individuums während des Lebens, und es wird eine Immunität oder Disposition dadurch erworben, daß äußere Invasionspforten sich schließen oder öffnen. Für septische Erkrankungen entsteht die Disposition durch Wunden der äußeren Haut und der Schleimhäute, durch Sekretstagnation usw., während sorgfältiger Schutz der Wunden oder Ausheilung die Disposition beseitigt. Magendarmkatarrhe disponieren zu Cholera, vielleicht auch zu Typhus, chronische Bronchialkatarrhe zu Phthise, Pharynxkatarrhe zu infektiöser Angina; Verhütung derartiger Affektionen oder ihre Beseitigung auf medikamentösem Wege stellt eine relative Immunität her. Auf einer Änderung des Epithels an der Invasionspforte beruht vielleicht teilweise die Immunität gegen Diphtherie, die wir bei den meisten erwachsenen Menschen im Gegensatz zum kindlichen Organismus beobachten.

Auch zur Bekämpfung der parasitären Krankheiten sind diese Verhältnisse insofern auszunutzen, als Menschen, die durch Mängel der

äußeren Schutzvorrichtungen für eine Krankheit disponiert sind, nach Möglichkeit aus dem Infektionsbereich eines Erkrankten fernzuhalten sind (Kinder bei Diphtherie, Masern, Scharlach).

2. Innere Ursachen.

Abgesehen von den äußeren Schutzvorrichtungen müssen zweifellos Vorkehrungen im Innern des Körpers die Empfänglichkeit in hohem Grade beeinflussen, da auch nach künstlicher Einimpfung, welche die äußeren Schutzpforten durchbricht, die Unterschiede zwischen disponierten und immunen Tieren sich geltend machen. Wir begegnen hier zunächst einer der Spezies oder der Rasse angeborenen, natürlichen Immunität. Infolge innerer Schutzvorrichtungen ist z. B. außer dem Menschen kein Tier für eine Infektion durch Scharlach, Masern, Cholera, Gonorrhöe usw. empfänglich, während umgekehrt Rinderpest, Schweineseuche, Tsetsekrankheit u. a. m. nur auf Tiere, nicht aber auf Menschen übertragbar sind. Andere Infektionskrankheiten, wie Milzbrand, Rotz, Tetanus, Diphtherie kommen beim Menschen und bei zahlreichen Tierspezies vor bzw. können experimentell auf diese übertragen werden, haben aber auch ihre immunen Ausnahmen, z. B. sind Ratten gegen Milzbrand, Rinder und Ratten gegen Rotz, Hühner gegen Tetanus, Rinder und Mäuse gegen Diphtherie völlig oder relativ immun. Geringfügige Rassedifferenzen sind oft ausschlaggebend für die Disposition bzw. Immunität gegenüber einer Infektionskrankheit; so sind die Hausmäuse für Mikrococcus tetragenus empfänglich, die Feldmäuse unempfänglich.

Ferner beobachten wir ein Freibleiben einzelner oder zahlreicher Individuen bei Epidemien. Selten beim ersten Einbrechen von Masern und Pocken in eine nicht immunisierte Bevölkerung; häufiger bei Scharlach; in ausgesprochener Weise bei Rekurrens, Abdominaltyphus, Cholera, Tuberkulose, Meningitis usw. Allerdings muß man bei der Beurteilung solcher Fälle vorsichtig verfahren und sicher sein, daß das Ausbleiben der Erkrankung nicht etwa auf dem Fehlen des Kontagiums (Fehlen der Exposition) beruht. Erst wenn an der Übertragung infektionstüchtiger Erreger gar nicht zu zweifeln ist, darf auf individuelle Immunität als Ursache des Nichterkrankens geschlossen werden.

Häufig ist die persönliche Immunität nur eine begrenzte und hält einer Invasion großer Mengen der Erreger gegenüber nicht Stand. Ferner ist sie oft zeitlich beschränkt und kann durch allerlei Gelegenheitsursachen (Erkältung, Staubinhalation usw.) durchbrochen werden.

Außer der natürlichen Immunität sehen wir noch häufiger erworbene Imunität gegenüber einzelnen parasitären Krankheiten durch innere Schutzvorrichtungen des Körpers zustande kommen.

Diese Immunität ist vorzugsweise zurückzuführen auf die Neubildung von spezifischen Antikörpern, die angeregt wird durch das Überstehen der betreffenden Krankheit oder durch absichtliche Einverleibung der Parasiten bzw. Produkten des Parasiten.

Die Substanzen, welche parenteral (d. h. nicht in den Darmtraktus, sondern subkutan oder intraperitoneal oder intravenös) eingebracht eine Bildung von Antikörpern auslösen, bezeichnet man als Antigene. Im weiteren Sinne gehören zu den Antigenen verschiedenste Eiweißarten und Abbauprodukte von Eiweißstoffen, und zwar können die Eiweißstoffe ungeformt oder in Zell- bzw. Bakteriensubstanz geformt sein. Es ergeben sich große Verschiedenheiten durch die besondere Art der Eiweißstoffe und durch die Art der Abbaustoffe. Im allgemeinen haben von den Abbauprodukten nur die höher-molekularen, nicht dialysierbaren Verbindungen Antigencharakter, während die niedrig-molekularen, dialysierbaren zur Antikörperbildung nicht befähigt sind.

Hier interessieren vorzugsweise die von Mikroparasiten gelieferten Antigene. Zu diesen gehören zunächst die stark giftigen Ektotoxine, die von vielen Parasiten und manchen Saprophyten gebildet werden, und zwar dem tierischen Körper gefährlich werden können, aber letzteren auch zur Bildung von Antitoxinen anzuregen vermögen.

Viele Infektionserreger entbehren giftiger Antigene, verdanken aber ihre Fähigkeit, im Tierkörper zu wachsen, d. h. die Abwehrstoffe des tierischen Körpers zu überwinden, der Bildung von Angriffsstoffen oder „Aggressinen“, die ihrerseits wieder zur Erzeugung antiinfektiöser Stoffe im Körper des Wirts führen. Bekannt sind solche zweierlei Art: die Bakteriolysine und Immun-Opsonine (Bakteriotropine). Die ersteren töten bzw. lösen die Erreger auf, die letzteren befördern oder ermöglichen erst die Tätigkeit der Freßzellen, die Phagozytose. — Andere Antigene der Parasiten führen zur Bildung von Agglutininen, welche ein Zusammenkleben der Parasiten bewirken; von Präzipitinen, welche lösliche Produkte der Mikroben niederschlagen; von Komplement-bindenden Stoffen (Reaginen, s. u.); und schließlich von Anaphylaxinen, die giftige Substanzen eigentümlicher Art frei machen. Von den letztgenannten 4 Arten Antikörpern ist es noch nicht sicher, ob sie oder welche Bedeutung sie für die Entstehung der Immunität haben. Sie lassen sich aber für die Diagnose einer stattgehabten Infektion vorzüglich verwerten.

Als Wirkung der Antigene beobachten wir keineswegs immer die Herstellung einer Immunität des Wirts. Oft mißlingt diese, weil der Wirtskörper den schädigenden Wirkungen der Parasiten schon unter-

liegt, ehe hinreichend Antikörper gebildet sind. In manchen Fällen beobachtet man aber nach Einverleibung der Antigene statt einer Immunität ein Stadium der Überempfindlichkeit (Anaphylaxie = Schutzlosigkeit), in welchem ein wiederholter Angriff des Parasiten oder seiner Produkte zu schneller und lebhafter auftretenden Krankheitserscheinungen führt. Ferner verschwinden die gebildeten Antikörper meist bald wieder, es bleibt aber vielfach eine „Sensibilisierung" des Körpers oder bestimmter Zellgebiete zurück, d. h. die Fähigkeit, auf kleinste Reize der gleichen Art mit beschleunigter Bildung von Antikörpern zu reagieren. Im allgemeinen kann man daher nur sagen, daß das Einverleiben von Antigenen ein verändertes Verhalten des Organismus gegenüber neuen Antigenen bedingt; und diesen veränderten Zustand bezeichnet man als Allergie (v. Pirquet).

Anderseits sind auch die Parasiten keineswegs unveränderlich gegenüber den neu gebildeten Schutzkörpern des Wirts. Sie können sich durch den Aufenthalt im Wirtskörper so verändern, daß sie nicht mehr agglutinabel, auflösbar oder phagozytabel sind. Derart veränderte, gleichsam immunisierte, Parasiten sind befähigt, längere Zeit nach der Infektion den Kampf gegen den Wirt mit weit mehr Aussicht auf Erfolg aufzunehmen, als ihnen dies vorher möglich war.

Wichtig für die Erklärung der natürlichen und der erworbenen Immunität ist die Tatsache, daß schon im nicht immunisierten, d. h. niemals mit Infektionserregern in Berührung gekommenen Tierkörper oft, wenn auch in geringerer Menge, Analoga der Immunkörper im Blutserum nachgewiesen sind. Man wird daher nicht fehlgehen, wenn man diese normalen Bakteriolysine, Opsonine und Antitoxine mit der natürlichen Immunität in Verbindung bringt und anderseits die erworbene Immunität als einen Zustand auffaßt, der durch eine Steigerung der Produktion normaler Antikörper gekennzeichnet ist.

Die hier skizzierten Schutzvorrichtungen des Wirts sind im folgenden einzeln genauer zu besprechen, jedoch nur, soweit es im Rahmen eines kurzgefaßten Lehrbuchs der gesamten Hygiene möglich ist. Bezüglich aller Details muß auf die unten zitierten speziellen Lehrbücher der Immunitätslehre verwiesen werden.

A. Die Phagozytose.

Metschnikoff und seine Schüler sehen die wesentlichsten Schutzeinrichtungen in der Phagozytose. Sie nehmen an, daß Sensibilitätserscheinungen lebender Körperzellen für die Immunität von ausschlaggebender Bedeutung sind: lebende auf chemotaktische Reize reagierende Zellen nähern sich im immunen Körper den Krankheitserregern,

nehmen sie in ihr Inneres auf und töten sie dort ab, während Mikroben, für die der Körper empfänglich ist, die Zellen abstoßen und von ihnen unberührt bleiben. Die Fähigkeit, eingedrungene Keime aufzunehmen und intrazellulär zu verdauen, kommt zahlreichen vom mittleren Keimblatt abstammenden Zellen zu. Man unterscheidet mobile und fixe Phagozyten. Zu den ersteren gehören vor allem die mehrkernigen Leukozyten (Mikrophagen) und die großen einkernigen Leukozyten (Makrophagen); zu den fixen Makrophagen gehören viele Endothelzellen, ferner Pulpazellen der Milz und des Knochenmarks, einige Bindegewebs- und Nervenzellen sowie Lungenepithelien. Die beweglichen Mikrophagen spielen die Hauptrolle; sie werden von den Mikroben angelockt, so daß sie sich an der gefährdeten Stelle massenhaft ansammeln und unter Umständen diese gegen das gesunde Gewebe durch einen so dichten Wall abgrenzen, daß schon darin ein bemerkenswerter Schutz gegeben ist. Außerdem aber findet in den Phagozyten der befallenen Organe eine Vernichtung der Mikroben statt durch ein Ferment, die Mikrozytase (Buchners Alexin, Ehrlichs Komplement, s. unten), das vorrätig ist oder nach Bedarf gebildet wird.

Dieses Ferment kann auch bei Läsion der Mikrophagen frei werden und dann außerhalb des Zelleibs bakterizide Wirkung äußern. Zuweilen kommt es nicht zu einer Aufnahme der Bakterien ins Innere der Zellen, sondern diese umklammern die Bakterien nur für einige Zeit; letztere aber sterben trotzdem ab, nachdem sie wieder frei geworden sind (Zytasewirkung). Bei Milzbrandbazillen (ähnlich bei Streptokokken, Hühnercholera, Pest u. a.) ist beobachtet, daß unter solchen Umständen aus dem überlebenden Teil der Bazillen eine neue Generation hervorgeht, die durch Kapseln geschützt ist und von den Phagozyten nicht mehr angegriffen wird (Bordet, Gruber, Neufeld). — Nach Gruber vermögen auch die Blutplättchen durch ein sezerniertes Ferment Milzbrandbazillen zu töten.

Bei der erworbenen, streng spezifischen, nur gegen eine Parasitenart gerichteten Immunität tritt nach Metschnikoff ein zweites Ferment in Funktion; es ist thermostabiler als das erstgenannte, ist nur für die eine Bakterienart wirksam, und die Art seiner Wirkung besteht darin, daß es sich auf den Bakterien lediglich fixiert, ohne sie aber dadurch schon merklich zu schädigen. Der „Fixator" bewirkt vielmehr nur, daß Bakterien nunmehr leicht von Phagozyten aufgenommen und intrazellulär zerstört werden (er ist also vermutlich identisch mit dem Immunkörper, den wir später als „Bakteriotropin" kennen lernen werden). Er soll in Milz, Knochenmark, Lymphdrüsen von Phagozyten gebildet werden; bei der wiederholten Invasion eines Parasiten sollen diese Phagozyten sich daran gewöhnt haben, immer größere Mengen

von Fixatoren zu produzieren; außerdem soll sich die ursprünglich negative Chemotaxis der Phagozyten in eine positive umändern.

Metschnikoff hat seine Auffassung durch sehr zahlreiche Beobachtungen gestützt, in scharfsinniger Weise vom allgemein biologischen Standpunkt aus verteidigt und den neuen Entdeckungen über die Eigenschaften des Serums (s. unten) möglichst anzupassen gesucht. Die Beteiligung der Phagozyten an dem Vorgang der Immunität darf seither als unbestritten gelten; teils durch die geschilderte Wallbildung, teils durch ihr Freßvermögen und ihre mikrobizide Fähigkeit, vielleicht auch durch die Sekretion mikrobizider Stoffe greifen sie mächtig in den Kampf zwischen Wirt und Parasit ein.

Freilich ist die Lehre Metschnikoffs nach mehreren Richtungen einzuschränken bzw. umzugestalten. Erstens beruht der Schutz des Körpers nicht ausschließlich auf der Phagozytose. Es ist nachgewiesen, daß manche Parasiten im lebenden, vollvirulenten Zustand von den Phagozyten nicht aufgenommen werden, daß dagegen gelöste Stoffe des Serums (s. u. Bakteriolysine) sie töten und schwächen, und daß höchstens die geschädigten, absterbenden Leiber die Phagozyten anlocken und von ihnen vollends beseitigt werden können. Auch darin liegt dann aber immerhin eine Schutzleistung; denn die beim Absterben der Bakterien frei werdenden Toxine sind nicht belanglos und bedürfen ebenfalls der Fortschaffung. — Es gibt aber auch Zellparasiten, wie die Gonokokken, denen die Phagozytose gleichsam Schutz gewährt gegen bakterizide Serumwirkung, die auch gegen die Zellenzyme unempfindlich sind oder sogar in den Zellen wuchern und diese zum Zerfall bringen. Andere Erreger, wie die Tuberkelbazillen, werden zwar in Phagozyten aufgenommen, sind aber durch widerstandsfähige Hüllen gegen deren Fermente geschützt und können durch Leukozyten lebend verschleppt werden. Dagegen haben wiederum die bakteriziden Serumstoffe gegenüber Strepto- und Pneumokokken keine Wirkung, sondern diese werden ganz vorwiegend durch Phagozytose vernichtet. — Zweitens wissen wir durch Wright, Neufeld u. a., daß auch gegenüber den letztgenannten Erregern die Phagozyten gewöhnlich nur durch bestimmte Serumstoffe, Opsonine und Bakteriotropine zu ihrer schützenden Rolle befähigt werden (s. unten). — Drittens ist die Annahme Metschnikoffs, die Phagozyten seien die Quelle der im normalen und immunisierten Körper vorkommenden Schutzstoffe des Serums, keineswegs bewiesen, sondern eher unwahrscheinlich. Allerdings liefern Leukozyten bei geeigneter Behandlung bakterizides Sekret; aber dessen wirksame Stoffe unterscheiden sich durch ihre Resistenz gegen Hitze usw. deutlich von den Bakteriolysinen und sind daher besser mit dem besonderen Namen Leukine zu belegen (Schneider).

B. Schutzstoffe im Blut und in anderen Körpersäften.

Zu unterscheiden sind: 1. Antitoxine. 2. Bakteriolysine (Zytolysine, Hämolysine). 3. Opsonine und Bakteriotropine. Diese 3 Arten von Anti-

körpern hängen sicher mit der Immunität zusammen und bilden die Schutzstoffe im engeren Sinne. — 4. Agglutinine 5. Präzipitine. 6. Komplementbindende Antikörper (Reagine). 7. Anaphylaxine. Die vier letztgenannten Antikörper stehen nicht sicher zur Immunität in Beziehung, sind aber von großer Bedeutung für den Nachweis von Krankheitserregern und bestimmten Eiweißstoffen.

1. Antitoxine.

Bei Giften von bekannter chemischer Konstitution, Narcoticis, Antipyreticis usw. hängt die Lokalisation und die Giftwirkung wesentlich von den physikalischen Löslichkeitsverhältnissen, namentlich von ihrer Lipoidlöslichkeit, ab; feste chemische Bindung erfolgt nicht; sie wirken relativ rasch. Eine Antitoxinbildung vermögen sie nicht hervorzurufen; wohl beobachtet man „Gewöhnung", die aber auf Eliminierung, Entgiftung durch präformierte Stoffe, Zerstörung u. dgl. beruht. Dagegen werden die Bakterienektotoxine bzw. gewisse im Organismus durch Bakteriolyse frei gewordene Endotoxine der Bakterien, ferner die Phytalbumosen wie Rizin, Abrin, einige tierische Gifte wie Schlangen-, Skorpionen-, Spinnen-, Krötengift bei parenteraler Einverleibung an das Protoplasma bestimmter Zellbezirke spezifisch gebunden; sie werden, ähnlich wie die Nährstoffe, assimiliert und wirken erst nach einer gewissen Inkubationszeit. Eine derartige Assimilation können wir uns nach Ehrlich verständlich machen durch die Annahme, daß das Eiweißmolekül der lebenden Zelle aus einem relativ beständigen Leistungskern und aus Seitenketten besteht, sehr reaktionsfähigen Atomgruppen, denen die Aufnahme und teilweise Verarbeitung von Nährstoffen zufällt. Diese Seitenketten bezeichnet Ehrlich als Rezeptoren. Jede Zelle besitzt eine größere Zahl verschiedene derartige Atomgruppierungen, an welche nur ganz bestimmte andere Atomgruppen verankert werden können. Bildlich kann man sich dies so vorstellen, als ob der Rezeptor an seinem Ende wie ein Schloß geformt ist, in das nur ein bestimmter Schlüssel paßt.[1]) Rezeptoren, die nur eine einfache Haftstelle haben, bezeichnet man als Rezeptoren erster Ordnung (Unizeptoren) im Gegensatz zu später zu besprechenden Rezeptoren, die noch andere seitliche Ausläufer haben. Den Rezeptoren erster Ordnung fällt die Aufnahme von Toxinen, Fermenten und anderen Zellsekreten zu, während hochmolekulare Eiweißstoffe nur von Rezeptoren höherer Ordnung bewältigt werden.

[1]) Die Figg. 162—165 sollen nur ein Beispiel einer solchen bildlichen Darstellungsweise geben, das sich beim Unterricht für Anfänger als praktisch brauchbar bewährt hat.

Die Toxine, welche auf irgendeine Zelle wirken, können diese Wirkung nur ausüben dadurch, daß sie eine Haftgruppe besitzen, welche auf einen Rezeptor der Zelle paßt. Da man aber Toxine künstlich so schädigen kann, daß sie nicht mehr giftig sind und trotzdem noch immunisatorische Wirkung entfalten, müssen wir annehmen, daß die Toxinmoleküle aus einer haptophoren und einer toxophoren Gruppe bestehen; ist erstere mit dem Rezeptor verankert, dann erst kann die Giftwirkung zustande kommen, andererseits liefert die toxophore Gruppe den Bindungsreiz für die haptophore Gruppe. Zerstört man durch mäßige Wärme die toxophore Gruppe, so bleibt nur die

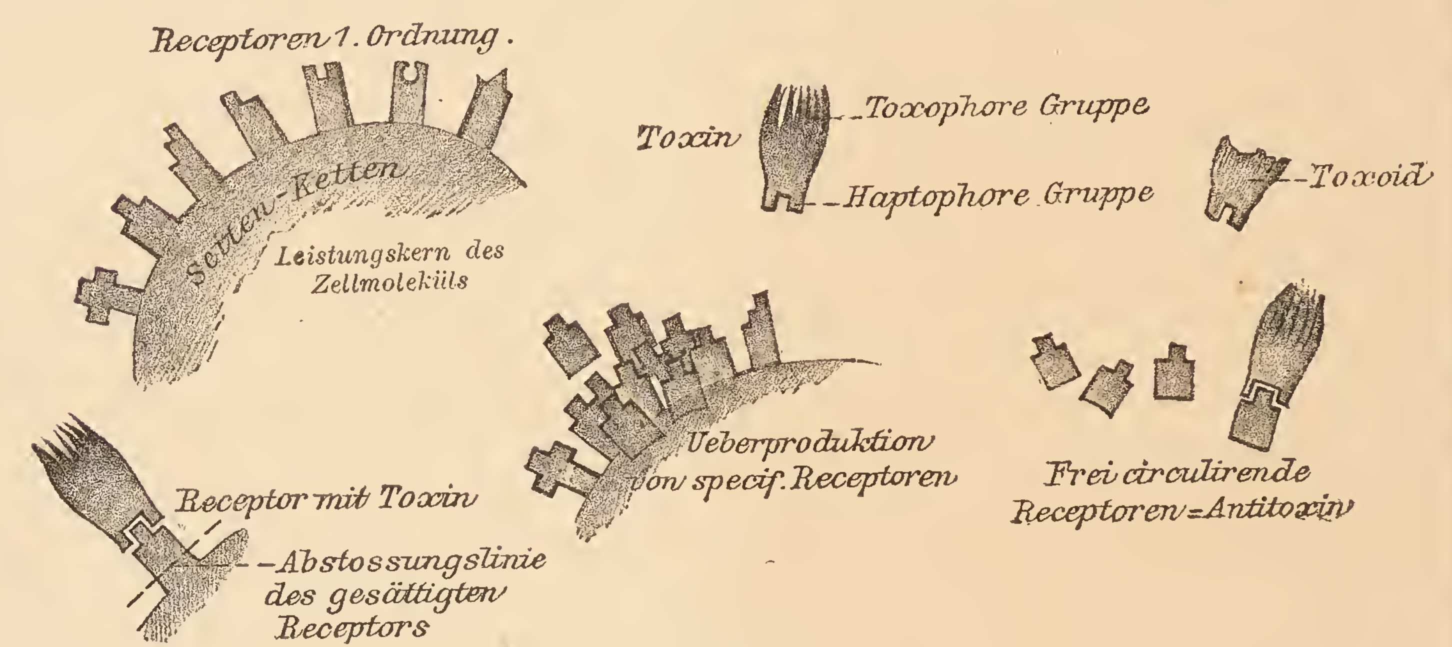


Fig. 160.
Bildungsweise der Antitoxine nach Ehrlich.

resistentere haptophore Gruppe bestehen. Mit dieser bleibt aber ein Rest von Affinität zu den betreffenden Rezeptoren erhalten und es kann daher auch Sättigung von Rezeptoren eintreten, ohne daß Intoxikation zustande kommt; solche geschwächte Toxine bezeichnet man als Toxoide.

Sind Rezeptoren mit Toxin gesättigt, so bleiben sie dies dauernd; sie haben daher keine Funktion mehr, sind aus dem Stoffwechsel ausgeschaltet und werden als unbrauchbar von der Zelle abgestoßen. Dadurch kommt es aber leicht — wie bei allen Zellen unter dem Einfluß schädigender Momente mittleren Grades (Weigerts Regenerationsgesetz) — zu einer gesteigerten Zelleistung und zu reichlicher Produktion neuer entsprechender Seitenketten. In diesem Sinne muß die fortgesetzte Einwirkung der Toxine die Zelle zur Bildung von immer mehr überschüssigen Rezeptoren veranlassen; sogar in solcher Menge, daß die Zelle sich ihrer im ungesättigten Zustand entledigt und sie in die Körpersäfte abstößt. Solche frei zirkulierende Rezeptoren vermögen dann ebenfalls die haptophore Gruppe des Toxins zu verankern und damit das ganze Giftmolekül in den Säften mit

Beschlag zu belegen, so daß dasselbe nicht auf die Zellen der Gewebe seine Wirkung äußern kann. Die abgelösten, frei zirkulierenden Rezeptoren (Seitenketten) fungieren daher als Antitoxin.

Die gleichen Zellen also, welche Rezeptoren für das Toxinmolekül besitzen und dadurch für das Gift empfänglich sind, sind zugleich die Produzenten des entsprechenden Antitoxins; und der gleiche Rezeptor, welcher, solange er an der Zelle sitzt, die Giftwirkung vermittelt, wird zum schützenden und heilenden Antitoxin, sobald er frei im Säftestrom zirkuliert.

Injiziert man Blut, welches Antitoxin in Gestalt frei zirkulierender Rezeptoren enthält, einem Tier gleichzeitig oder kurz vor bzw. nach der Einverleibung des zugehörigen Toxins, so kann man dadurch die Wirkung des Toxins in der Tat aufheben.

Durch Reagenzglasversuche läßt sich ferner zeigen, daß zwischen Toxin und Antitoxin eine Art chemischer Bindung stattfindet, die durch gelinde Wärme und durch stärkere Konzentration beschleunigt wird. Es erfolgt dabei keine Zerstörung des Toxins; die Toxin-Antitoxinverbindung kann durch gewisse Mittel wieder gelöst werden, und die Toxine sind dann erneut wirksam. Auch durch Toxoide kann in der gleichen Weise Bindung des Antitoxins erfolgen.

Manche Beobachtungen sprechen dafür, daß zunächst eine rasch verlaufende lockere Bindung zwischen Toxin und Antitoxin, und dann erst langsam eine Verfestigung dieser Bindung eintritt. — Auch eine beschränkte Reversibilität der Toxin-Antitoxinvereinigung scheint vorzukommen, so daß es unter Umständen gelingt, mit abgesättigten Gemischen zu immunisieren (s. u. „Diphtherie").

Über die Natur der Antitoxine ist noch wenig bekannt. Sie sind resistenter als die Toxine, vertragen Erwärmen auf 60°, auch Licht und Fäulnis relativ gut. In Flüssigkeiten erfolgt allmählich Dissoziierung.

Die Beziehungen zwischen Toxin und Antitoxin folgen, wie Arrhenius und Madsen zeigten, nicht den Gesetzen einfacher Lösungen kristalloider Körper; bei der Neutralisation der Toxine durch Antitoxine bildet die Absättigungskurve nicht eine gerade Linie (wie bei der Neutralisation zwischen starken Säuren und Basen), sondern eine Linie, welche sich nur der Abszisse nähert, dann aber dieser parallel läuft. Allerdings sind, wie Ehrlich betont hat, die Toxine nicht einheitlich und verändern sich außerordentlich leicht. Es entstehen sekundär die verschiedensten Toxoide, und außerdem müssen die Toxone unterschieden werden, Stoffe, welche in ihrer Wirkung (Erregung chronischer Nachkrankheiten, oft mit Lähmungen) wesentlich von dem in der Hauptmenge auftretenden Toxin abweichen, und welche vom Antitoxin erst gebunden werden, nachdem alles Toxin und Toxoid gebunden ist. — Unter Berücksichtigung dieser Tatsachen lassen sich die Eigentümlichkeiten der Bindungsverhältnisse zwischen Toxin und Antitoxin

besser unter der Annahme erklären, daß es sich um kolloidale Reaktionen handelt. Wie alle Antikörper wird man die Antitoxine zu den Kolloiden rechnen müssen; sie kristallisieren und dialysieren nicht und werden durch Elektrolyte leicht und irreversibel verändert. Die Variabilität der kolloidalen Gemenge kann daher den Verlauf der Absättigungskurve erklären. Setzt man zu einer gewissen Menge eines Kolloids A eine viel kleinere Menge eines neutralisierenden Kolloids B, so wird eben nicht ein Teil von A völlig neutralisiert, während der Rest frei bleibt, sondern es entstehen durch eine möglichst weitgehende Verteilung und Verbindung der Kolloidteilchen untereinander lauter nicht völlig neutralisierte Komplexe, und Zahl, Größe und elektrischer Zustand der Teilchen werden entsprechend geändert.

Nicht jede Immunität gegenüber Toxinen beruht auf Antitoxinbildung. So begegnen wir nicht selten angeborener Immunität; z. B. sind Igel und Schweine gegen Schlangengift, Ratten gegen Diphtherietoxin, Hühner und Schildkröten, bei niederer (aber nicht bei höherer) Temperatur auch Frösche, gegen Tetanusgift unempfänglich. Die angeborene Giftfestigkeit kann nun z. B. darauf beruhen, daß es an geeigneten Rezeptoren für das Gift fehlt. In diesen Fällen bleibt das Toxin lange im Körper nachweisbar, aber die Bildung von Antitoxin bleibt aus. — Bei anderen empfänglichen Tieren ist nur ein bestimmtes Organ mit geeigneten Rezeptoren ausgestattet. So wird das Tetanospasmin nur an Zellen des Zentralnervensystems verankert; verimpft man die Organe eines tetanusvergifteten Tieres auf andere Tiere, so ist eine Giftwirkung mit dem Gehirn nicht zu erzielen, weil hier das Gift fest verankert ist, wohl aber mit den verschiedensten anderen Organen, in welchen das Gift ungebunden blieb. Bei unempfänglichen Individuen braucht es daher nur an geeigneten Rezeptoren in bestimmten Organen zu fehlen. (Histogene Toxinimmunität.)

Die angeborene Immunität kann aber auch auf dem Vorhandensein von fertigem Antitoxin, bzw. darauf beruhen, daß die Zellen des Körpers auf die Einwirkung des Giftes mit reichlichster Neubildung und Abstoßung von Rezeptoren zu reagieren vermögen. Dieser Fall liegt bei der angeborenen Immunität allerdings selten vor.

Die natürlich erworbene Giftimmunität und die absichtliche Immunisierung ist dagegen ausschließlich auf Neubildung von Antitoxin zurückzuführen. Erworbene Giftimmunität tritt ohne absichtliche Eingriffe zutage nach dem Überstehen einer auf Toxinwirkung beruhenden parasitären Krankheit, z. B. der Diphtherie oder des Tetanus. In der Rekonvaleszenz beobachtet man hier im Blutserum stets einen gesteigerten Gehalt von Antitoxin gegenüber dem bereffenden Toxin. Hier sind offenbar durch das in den Organismus vorgedrungene Toxin Rezeptoren gebunden und abgestoßen; die Zellen haben aber mit Überproduktion neuer Rezeptoren reagiert; solche freie Rezeptoren zirku-

lieren infolgedessen im Blute und bewirken dessen höheren Antitoxingehalt. — Das frei zirkulierende Antitoxin ist nicht lange haltbar; nach Wochen oder höchstens Monaten findet man starke Abnahme des Antitoxins, zum Teil durch Ausscheidung, hauptsächlich durch Zerfall. Noch rascher erfolgt die Eliminierung (wie bei allen heterologen Eiweißkörpern), wenn das Antitoxin von einer anderen Tierart stammt.

Nach diesen Befunden ist das Vorgehen bei der künstlichen Immunisierung gegen toxinbildende Bakterien klar vorgezeichnet. Es wird sich nicht empfehlen, beim Menschen direkt das betreffende Toxin zu injizieren; angesichts der sehr verschiedenen individuellen Empfänglichkeit würde die Dosis zu schwer zu bemessen sein. Man muß daher darauf verzichten, daß der Mensch selbst aktiv das Antitoxin herstellt, sondern muß das Toxin empfänglichen Tieren in allmählich gesteigerten Dosen injizieren, auf die hin der Körper mit weiter verstärkter Antitoxinbildung reagiert. Schließlich gelingt es, ein an Antitoxin sehr hochwertiges Serum zu erhalten. Den Gehalt des Serums an Antitoxin bestimmt und kontrolliert man, indem im Reagenzglas abgestufte Serummengen mit einer bestimmten Menge Toxin gemischt werden; jede Mischung wird durch Tierinjektion darauf geprüft, ob sie noch überschüssiges Toxin enthält (s. unter „Diphtherie"). — Auch die Milch säugender immunisierter Tiere kann große Mengen Antitoxin enthalten.

Das reichlich Antitoxin enthaltende tierische Serum läßt sich Menschen injizieren, die von dem betreffenden Toxin bedroht oder befallen sind. Diese Art der Immunisierung muß für den Körper der schonendste Eingriff sein. Der Körper wird dabei gar nicht aktiv, er verhält sich völlig passiv; das in ihn eingebrachte fertige Antitoxin fängt das Toxin ab und macht es unschädlich = passive Immunisierung. In den Fällen, wo Heilung der durch das Toxin hervorgerufenen Erkrankung angestrebt wird, muß die Einverleibung des Antitoxins möglichst früh erfolgen; ist erst das Toxin fest an den giftempfänglichen Zellen verankert, so ist die nachträgliche Lösung dieser Verbindung durch Antitoxin sehr schwierig.

Von großer Bedeutung ist die Auswahl der für die aktive Giftimmunisierung bestimmten Versuchstiere. Die Affinität zwischen den Rezeptoren verschiedener Tierspezies und dem Gift ist offenbar sehr ungleich. Man wird, um ein Antitoxin mit möglichst gesteigerter Affinität zum Toxin zu bekommen, das vielleicht sogar imstande ist, bereits bestehende Verankerungen an menschlichen Zellen teilweise zu lösen, Tiere wählen müssen, die für das Toxin ganz besonders empfänglich sind.

2. Bakteriolysine (Hämolysine), Cytolysine.

Bakterienzellen, ebenso verschiedenste tierische Zellen, werden durch Blutserum normaler oder mit den betreffenden Zellen vorbehandelter

Menschen und Tiere aufgelöst; unter dem Mikroskop kann man beobachten, daß die Bakterien zunächst verblassen, dann entstehen stark glänzende Kugeln (Granula); schließlich quellen auch diese und lösen sich auf. — Beteiligt sind Rezeptoren dritter Ordnung, denen die Fähigkeit zukommt, organisiertes Eiweiß und andererseits geeignete Fermente an bestimmte Zellen zu fesseln und zu assimilieren. Die Rezeptoren müssen zu diesem Zweck mit zwei haptophoren Gruppen ausgestattet sein; die einen passen in haptophore Gruppen von Mole-

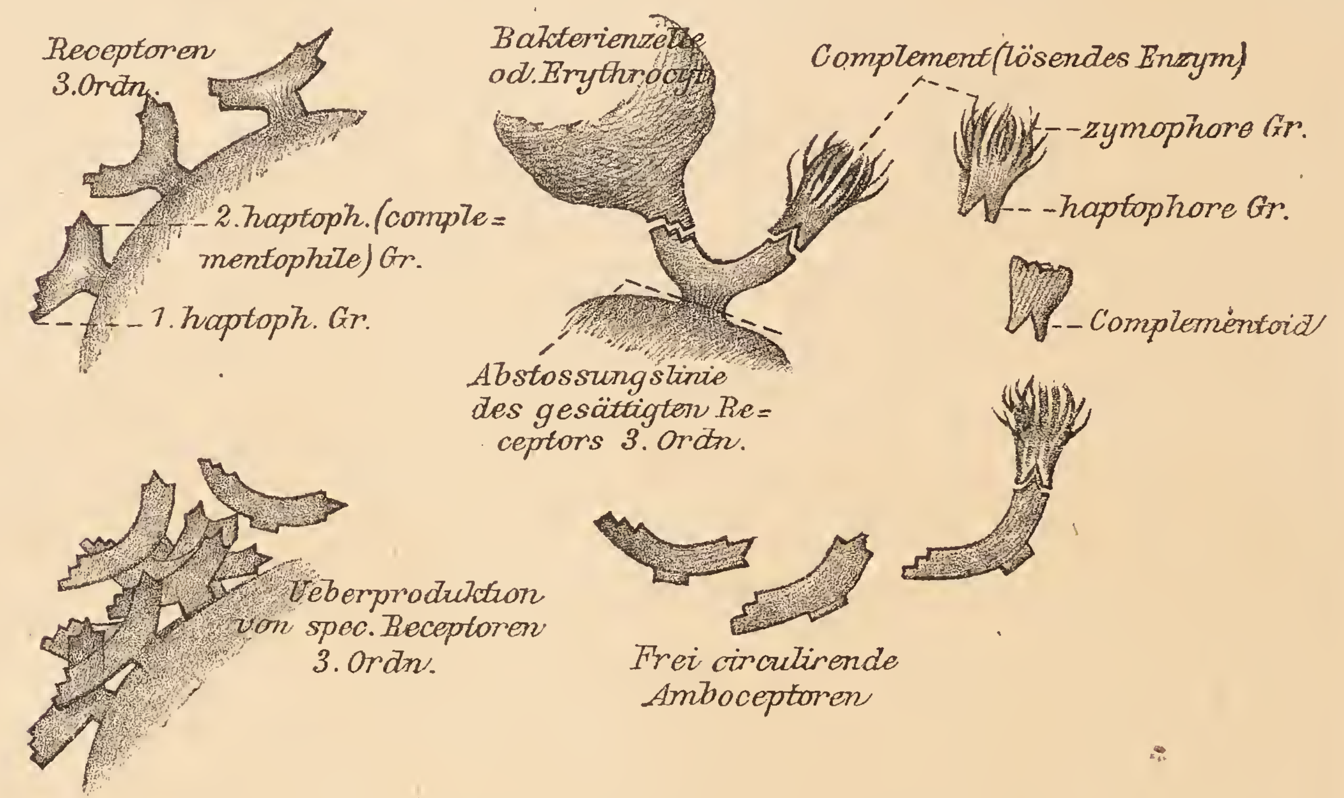


Fig. 161.
Bildungsweise der Bakteriolysine nach Ehrlich.

külen der Bakterienzelle (oder der Erythrozyten usw.); die anderen passen zur haptophoren Gruppe des Ferments. Die frei zirkulierenden, gelegentlich von den Rezeptoren dritter Ordnung gefesselten Fermente (Zymasen) bezeichnet Ehrlich als Komplemente. Sie wirken vorzugsweise lytisch, auflösend, ähnlich peptonisierenden Enzymen. In jedem normalen Blut sind verschiedene solche Komplemente enthalten, die wenig widerstandsfähig sind; bei längerem Stehen, mäßiger Hitze usw. zerfallen sie, so daß höchstens ihre haptophore Gruppe übrig bleibt („Komplementoid"). — Als Bildungsstätten der Fermente sind namentlich die an der Blutbildung beteiligten Organe, Milz, Lymphdrüsen und Knochenmark anzusehen.

Dem mit zwei haptophoren Gruppen ausgerüsteten Rezeptor, der nach dem Einbringen von Antigen, gerade wie die übrigen Rezeptoren, gesättigt, abgestoßen und im Überschuß produziert wird, so daß schließlich freie Rezeptoren im Blut zirkulieren, hat Ehrlich die Bezeichnung „Ambozeptor" beigelegt. Ambozeptoren können im Blut kreisend an ihrer einen Haftstelle Komplemente aufnehmen oder schon

aufgenommen haben und dadurch vollkommen ausgerüstet sein, um mit ihrer anderen Haftstelle geeignetes Material zu fesseln und aufzulösen. Das Komplement allein ist wirkungslos, weil seine haptophore Gruppe zwar in dem Ambozeptor, aber nicht direkt in die haptophore Gruppe des Eiweißmoleküls bzw. der Bakterienzelle paßt. Die Ambozeptoren spielen daher eine ungemein wichtige Vermittlerrolle für die Wirkung des Komplements. Sie müssen durch eine große Verschiedenheit ihrer freien haptophoren Gruppe ausgezeichnet sein und dadurch den Körper instand setzen, sehr verschiedene Zellmoleküle mit dem gleichen Komplement zu verketten.

Aus dieser Vorstellung heraus lassen sich folgende fundamentale Beobachtungen über die Wirkung des Blutserums auf Bakterienzellen erklären:

1. Das dem normalen, nicht vorbehandelten Tier entnommene Blutserum zeigt im Reagenzglas energische bakterizide Wirkung (Nuttall, Buchner). Das bakterizide Vermögen des gleichen Serums erstreckt sich nicht gleichmäßig auf alle Bakterien; die eine Art wird ausgiebig, andere werden wenig, wieder andere gar nicht abgetötet. Auch das Serum verschiedener Tierspezies verhält sich ungleich. — Erwärmt man wirksames Serum kurze Zeit auf 55 °, so verschwindet die bakterizide Fähigkeit und das Serum wird zum guten Nährsubstrat für dieselben Bakterien, die vor dem Erhitzen im Serum zugrunde gingen.

Buchner bezeichnete die Stoffe des Serums, die in dieser Weise wirksam sind, als Alexine. Sie sind aufzufassen als frei zirkulierende Komplemente, eventuell in Verbindung mit geeigneten Ambozeptoren, die auch im normalen Serum stets in gewisser Menge und Mannigfaltigkeit vorhanden sind. Die Zellmoleküle vieler Bakterien passen in diese oder jene Ambozeptoren und fallen dadurch der Auflösung anheim. Durch die Erhitzung auf 55 ° geht die zymophore Gruppe des Komplements zugrunde, und dann bleibt die Auflösung aus.

Die Alexine sind bei der angeborenen Immunität vielleicht wesentlich beteiligt. Oft geht die bakterizide Wirkung des Serums gegenüber einer Bakterienart parallel mit der Unempfänglichkeit der betreffenden Tierspezies. Nicht selten fehlt indes dieser Parallelismus. Solche Abweichungen sind insofern unerheblich, als offenbar nicht der momentane Gehalt des Blutes an Alexinen, der im Reagenzglas zur Beobachtung kommt, für die Immunität von Bedeutung ist, sondern die Schnelligkeit, mit der im Bedarfsfall Alexine gebildet und mobil gemacht werden können. Aber auch diese Erklärung läßt sich nicht auf alle Krankheitserreger anwenden, so daß sicher nicht jede angeborene Immunität auf Alexine zurückzuführen ist (s. Opsonine und Phagozytose)

2. Ist durch Überstehen einer parasitären Krankheit oder durch absichtliche Einbringung bestimmter Krankheitserreger (mehrfache subkutane oder intraperitoneale Injektion der lebenden Bakterien in 8 bis 10tägigen Intervallen) Immunität erworben, so erhält das Serum spezifische hochgradig auflösende Wirkung gegenüber der betreffenden Bakterienart; eine Infektion mit solchen Bakterien, auf die man vorher eine entsprechende Menge Immunserum hat einwirken lassen, bleibt resultatlos. — Die Wirkung zeigt sich im Reagenzglas aber nur, wenn das Serum ganz frisch ist; sehr bald erlischt sie; und durch Erwärmen auf 55 ° wird das Serum inaktiv (inaktiviertes Immunserum). Die Wirkung tritt indes wieder hervor, wenn die Mischung von Serum und Bakterien in die Bauchhöhle normaler Meerschweinchen eingebracht wird. (Pfeifferscher Versuch, siehe im „Anhang".) Ferner kann sie auch im Reagenzglas wieder auftreten, wenn man dem inaktiven Serum etwas frisches Peritonealexsudat, Blut oder Blutserum eines normalen Meerschweinchens zusetzt.

Auch dieses Verhalten wird ohne weiteres verständlich, wenn wir annehmen, daß durch die Immunisierung eine einseitige Vermehrung solcher Ambozeptoren stattgefunden hat, welche spezifische Affinität zu den betreffenden Bakterienzellen besitzen. Die offenbar ziemlich resistenten, gut haltbaren „Ambozeptoren" oder „spezifischen Immunkörper" haben auch hier die Funktion, das nichtspezifische Komplement an die Bakterienzellen heranzubringen. Die Komplemente sind aber — wie schon hervorgehoben — sehr wenig widerstandsfähig; in älterem oder erwärmtem Serum fehlt es daher an wirksamem Komplement und nur die spezifischen Ambozeptoren sind erhalten. In der Bauchhöhle des Meerschweinchens, im frisch entnommenen Peritonealexsudat und im normalen Blut sind stets Komplemente vorhanden; sobald daher diese zugefügt werden, vermag die spezifische Bakterienauflösung wieder vor sich zu gehen, das Immunserum ist reaktiviert.

Auftreten spezifischer Bakteriolysine beobachtet man z. B. bei erworbener Immunisierung gegen Cholera, Typhus, Pest, Dysenterie, B. coli, B. pyocyaneus. Man nimmt wohl mit Recht an, daß in diesen Fällen der Gehalt des Blutes an Bakteriolysinen bzw. die gesteigerte Produktionsfähigkeit für solche Stoffe einen wesentlichen Anteil an der Immunität hat; denn die Vorgänge, die man im immunisierten Körper bei der Infektion beobachtet, entsprechen denen im Reagenzglas.

Selbst dann, wenn die Bakteriolysine an der Immunität wesentlich beteiligt sind, darf man nicht erwarten, daß beim immunisierten Menschen oder Tier der Gehalt des Blutes an Bakteriolysinen (bakterizider oder bakteriolytischer Titer, s. im Anhang) stets dem Immunisierungsgrade parallel geht

und als Indikator für diesen benutzt werden kann. Es ist vielmehr von Wassermann darauf hingewiesen, daß — ganz wie bei den Alexinen — die Bildungsstätten der spezifischen Bakteriolysine (Milz, Knochenmark usw.) in der Lage sein können, große Mengen davon in kurzer Zeit herzustellen oder im Depot vorrätig zu halten, während der momentane Gehalt des Bluts gering ist und umgekehrt. Man wird also mit Rückschlüssen aus einem hohen bakteriolytischen Titer des Blutes auf hochgradige Immunität vorsichtig sein müssen. Auch trotz eines solchen kann es zu Rezidiven kommen.

Da die Leibessubstanz der Bakterien aus verschiedenen Komponenten besteht, hat man auch die Antigene und die durch deren Reiz gebildeten Ambozeptoren sich nicht als einfach zu denken, sondern es gibt deren stets eine Mehrzahl, die man als Haupt- und Neben- oder Partialambozeptoren unterscheiden kann. Bei demselben Bakterienstamm variieren außerdem die Nebenantigene; bei verschiedenen Stämmen der gleichen Art kommen noch stärkere Variationen vor. Will man daher durch eine Bakterienart Ambozeptoren in einem Tierkörper erzeugen, die für alle möglichen Angriffsstoffe dieser Bakterienart passen, so muß man möglichst viele Stämme zur Vorbehandlung der Tiere benutzen (polyvalente Sera). Haupt- und Nebenambozeptoren kann man sich zu einem komplexen Immunkörper vereinigt denken.

Auch das Komplement ist offenbar nicht einheitlicher Natur. Jeder tierische Organismus verfügt vermutlich über eine große Zahl von Komplementen; dennoch kommen Differenzen vor, und es fehlt der einen oder anderen Spezies oder manchen Individuen an gewissen Komplementen. Auch dürfen wir uns vorstellen, daß nicht für jedes Komplement ein besonderer Ambozeptor nötig ist, sondern daß die Ambozeptoren häufig mit einer größeren Anzahl von komplementophilen Gruppen ausgerüstet und also für verschiedene lytische Prozesse verwendbar sind. Dasjenige Komplement, das für den einzelnen in Betracht kommenden Fall unbedingt erforderlich ist, bezeichnet man zweckmäßig als dominantes Komplement; erst wenn dieses an einem Arm des Ambozeptors (richtiger Polyzeptors) haftet, kommt die Auflösung zustande, während eine Besetzung der anderen Arme mit anderem Komplement ohne Wirkung ist (Fig. 162). — Näheres über die Natur des Komplements s. unten.



Fig. 162. Ambozeptor mit 5 komplementophilen Gruppen (nach Ehrlich).

Eine eigentümliche Erscheinung tritt zuweilen ein, wenn eine Bakterienaufschwemmung mit steigenden Dosen inaktivierten bakteriolytischen Serums, dem frisches Komplement zugeführt ist, versetzt wird. Bei größeren Dosen zeigt sich alsdann unter Umständen eine weniger ausgedehnte Auflösung der Bakterien, als bei kleineren Dosen. Diesen Vorgang kann man sich durch die Annahme er-

klären, daß ein Teil der Ambozeptoren sich sogleich mit den Rezeptoren der Bakterienzellen und weiterhin mit dem Komplement verankert; daß aber auch diejenigen Ambozeptoren, welche keine Bakterienzellen mehr vorfinden, mit einer gewissen, wenn auch geringeren, Avidität Komplement an sich reißen. Je mehr von diesen freien Ambozeptoren da sind, um so mehr Komplement kommt auf ihren Anteil, während der Anteil der mit Bakterienzellen besetzten Ambozeptoren entsprechend geringer wird (Neisser-Wechsbergsche Komplementablenkung). Dies Verhalten scheint aber keine praktische Bedeutung zu besitzen, insofern im Tierkörper bisher nicht beobachtet ist, daß z. B. bei der Verwendung von Immunserum größere Dosen statt einer Steigerung, eine Verminderung der Wirkung herbeiführen.

Eine Verwendung der bakteriziden Eigenschaften des Blutes zur Schutzimpfung läßt sich — wie bei den Antitoxinen — entweder durch aktive oder durch passive Immunisierung erreichen. Bei der aktiven werden die abgeschwächten oder abgetöteten Erreger oder deren lösliche Produkte einverleibt und der Geimpfte bildet selbst aktiv die spezifischen Ambozeptoren (Typhus, Cholera, Pest). Zur passiven Immunisierung werden Tiere aktiv hoch immunisiert; diesen wird das an Ambozeptoren reiche Blut entzogen und zur Injektion bei dem zu schützenden Menschen verwendet. Entgegengesetzt den Erfahrungen mit Antitoxinen liegt hier aber die Sache so, daß die aktive Immunisierung relativ leicht und sicher gelingt und vielfache Variationen gestattet. Passive Immunisierung durch bakterizides Immunserum ist dagegen schwierig, weil der Gehalt des Blutes an Antikörpern nicht so hoch getrieben werden kann, wie es bei den Antitoxinen möglich ist. Außerdem ist der Vorgang komplizierter durch die notwendige Mitwirkung der Komplemente. Es ist z. B. beobachtet, daß ein Immunserum bei der einen Tierspezies kräftig wirkt, bei anderen aber wirkungslos bleibt, vielleicht weil diesen das passende Komplement fehlt oder (beim Kranken!) nicht in genügender Menge beschafft werden kann; auch eine Zugabe geeigneten Ferments hilft in solchen Fällen nichts. Es empfiehlt sich daher, Tiere zur Vorbehandlung zu wählen, die den passiv zu immunisierenden möglichts nahe stehen; man darf dann am ehesten auf das Vorhandensein des dominanten Komplements rechnen. — Nicht ohne Bedenken ist endlich, daß jede Einverleibung bakteriolytischen Serums mit der Auflösung zahlreicher Bakterien zugleich deren Endotoxine frei macht; das betr. Serum muß daher womöglich gleichzeitig antitoxisch wirken.

Hämolysine.

Nicht nur Bakterienzellen, sondern auch artfremde tierische Zellen verschiedenster Art können bei parenteraler Einverleibung als Antigene wirken und die Bildung von lytischen Antikörpern bewirken. Dahin gehören vor allem die Erythrozyten. Diesen gegenüber haben ver-

schiedenste Substanzen den Effekt, daß das Stroma zerstört wird und Austritt und Lösung des Hämoglobins erfolgt, so daß eine vorher trübe Aufschwemmung von Erythrozyten klar und durchsichtig rot, lackfarben, wird. Zu diesen als „Hämotoxine“ oder „Hämolysine“ bezeichneten Substanzen gehören destilliertes Wasser; Alkohol; Säuren und Alkalien; Gallensäuren; Pflanzengifte wie Saponine, Ricin, Abrin; Schlangen-, Skorpionengift; die Produkte (Ektotoxine) vieler Bakterien, z. B. der pyogenen Staphylokokken.

Hier interessieren jedoch nur die ebenfalls als Hämolysine bezeichneten Substanzen, die als spezifische Antikörper im Blute von Tieren auftreten, wenn diesen artfremde Erythrozyten eingebracht sind, genau wie spezifische Bakteriolysine nach Vorbehandlung mit bestimmten Bakterien entstehen.

Angeboren finden sich nur kleine Mengen solcher Hämolysine. Man bekommt sie in enorm viel größeren Quantitäten nach Injektion allmählich steigender Dosen fremder Erythrozyten. Zur Gewinnung nimmt man z. B. Hammelblut in sterilen Flaschen mit Glasperlen auf, defibriniert durch Schütteln, füllt das Blut in Zentrifugenröhrchen bis zur Marke, zentrifugiert, gießt oder pipettiert die Flüssigkeit ab, füllt mit Kochsalzlösung bis zur Marke, zentrifugiert und so fort, bis die Erythrozyten dreimal „gewaschen“ sind. Dann injiziert man 3—5 ccm der Aufschwemmung Kaninchen in die Ohrvene; nach 6 Tagen folgt die gleiche Injektion; nach 8 Tagen Injektion derselben Menge intraperitoneal. Starke Verdünnungen des so erhaltenen Serums lösen dann Hammelblutkörperchen (nicht aber andere Erythrozyten) bei 30—37° innerhalb 1 Stunde vollkommen auf, eine ungemein deutliche, im Gegensatz zu der Wirkung der Bakteriolysine mit bloßem Auge wahrnehmbare Reaktion. Die Reaktion ist spezifisch, jedoch mit gewissen Einschränkungen; bei nahestehenden Tieren kann sich die Hämolyse auf eine Gruppe von Arten erstrecken.

Quantitativ aufeinander eingestellte Immunsera und Erythrozytenaufschwemmungen bezeichnet man als ein „hämolytisches System“. In dem nach der oben gegebenen Vorschrift hergestellten Serum schaltet man zweckmäßig das labile Komplement, das sich im Blute findet, aber fortgesetzt variiert, dadurch ganz aus, daß man das Serum durch Erhitzen (56° ½ Stunde) inaktiviert, so daß es nur noch Ambozeptoren enthält. Dann wird eine bestimmte Menge (1 ccm) zentrifugierter, gut gewaschener Erythrozyten (5%ige Aufschwemmung) mit verschiedenen Verdünnungen des inaktivierten Serums versetzt und eine abgemessene gleiche Menge frisches Komplement (frisches Kaninchen- oder Meerschweinchenserum 1 : 10, 1 ccm) jeder Verdünnung zugefügt. Es wird nun ermittelt, bei welcher Verdünnung vollkommene Hämolyse eintritt (Austitrieren des Ambozeptors), und man sucht diesen Titer auf mindestens 1 : 1000 zu treiben. Auch die Menge Komplement, welche zur kompletten Wirkung erforderlich ist, muß genau eingehalten werden; wird zu wenig Komplement zugefügt, so kann dadurch die Hämolyse unvollständig werden (Austitrierung des Komplements). Die austitrierte Ambozeptormenge (z. B. 0,001 ccm) + die austritrierte Komplementmenge (z. B. 0,1 ccm) + 1 ccm 5%ige Erythrozytenaufschwemmung sind die 3 In-

gredienzien des hämolytischen Systems, deren Vereinigung nach 2 Stunden bei 37° komplette Hämolyse ergibt. Ein solches hämolytisches System läßt sich in ausgezeichneter Weise zu diagnostischen Zwecken verwerten (s. unten).

Manche interessante Beobachtungen über das Verhalten des Ambozeptors und des Komplements hat man ausschließlich oder doch erheblich leichter und sicherer an den Hämolysinen anstellen können, als an den Bakteriolysinen. So hat z. B. der sog. Kältetrennungsversuch gezeigt, daß die Bindung des thermolabilen Komplements erst bei höherer Temperatur, die Vereinigung zwischen Erythrozyten und Ambozeptor schon bei 0° sich vollzieht. Durch Digerieren der Blutkörperchen mit dem Immunserum bei 0°, Zentrifugieren und Waschen erhält man „sensibilisierte Erythrozyten“, die mit dem Ambozeptor schon verbunden sind, aber erst aufgelöst werden, wenn bei 37° Komplement (frisches Normalserum) hinzugefügt wird.

Auch über die Natur des Ambozeptors und des Komplements haben die Hämolysine einige Aufklärung gegeben. Beide gehören zweifellos zu den Kolloiden. Der Ambozeptor ist ausgezeichnet durch seine Widerstandsfähigkeit gegen Hitze; erst bei längerem Erwärmen auf 70° wird er zerstört. Dadurch ist er von anderen Antikörpern und von dem sehr thermolabilen Komplement unterschieden. — Das Komplement kann nur unter 0°, im Dunkeln, trocken und im Vakuum längere Zeit konserviert werden. Es wird durch die verschiedensten Substanzen mit großer Oberfläche, Tierkohle, Eiweißniederschläge, Hefesuspensionen usw. adsorbiert. — Durch Dialyse kann im Komplement ein in salzfreiem Wasser ausfallender globulinartiger Anteil von einem Albuminteil geschieden werden. Der erstere wird auch als „Mittelstück“, der letztere als „Endstück“ bezeichnet. Bringt man sensibilisierte Erythrozyten mit dem Endstück zusammen, so erfolgt keine Hämolyse; wohl aber wenn man zunächst das Mittelstück zufügt (= persensibilisierte Erythrozyten) und dann erst das Endstück. — Auch im natürlichen Serum sind anscheinend beide Stücke nebeneinander vorhanden. Für gewöhnlich kommt bei der Hämolyse nur Bindung des Endstücks zustande, das wie ein Ferment wirkt, nicht Bindung des Mittelstücks, dem eher die Rolle eines Katalysators zuzukommen scheint (Braun).

Bordet vertritt die Ansicht, daß zur Auflösung nicht eine wirkliche Vereinigung des Ambozeptors mit der aufzulösenden Zelle und dem Komplement erforderlich sei. Er bezeichnet den Ambozeptor als „substance sensibilitrice“, die eine solche Oberflächenänderung an den Zellen bewirke, daß stärkere Adsorption des Komplements erfolgt, ähnlich wie in der Färberei die Beize einen stärkeren Niederschlag der Farbe auf der Gewerbsfaser veranlaßt. Die oben angeführten Versuchsresultate werden indes durch diese Auffassung nicht genügend erklärlich.

Außer den Erythrozyten rufen auch andere tierische Zellen bei parenteraler Einverleibung die Bildung solcher Antikörper hervor, welche die spezifische Auflösung der Zellen durch geeignete Fermente vermitteln. Durch Injektion von Leukozyten erhält man im Serum ein Leukolysin; durch Injektion von artfremden Spermatozoen ein Heterospermatolysin, das die fremden Spermatozoen sofort zum Stillstand

bringt, nicht aber die der gleichen Spezies; durch Spermatozoen derselben Art dagegen ein spzifisches Isopermatolysin. Auch durch Einverleibung von Parenchymzellen können z. B. Nephrolysin, Neurolysin usw. gebildet werden. Durch die Zytolyse werden übrigens in vielen Fällen vorgebildete Gifte aus den körperfremden Zellen in Freiheit gesetzt.

Soweit man in der Befähigung zur Auflösung fremder in die Blutbahn eindringender zelliger Elemente eine Schutzeinrichtung des Körpers erblicken kann, erfährt diese Einrichtung noch eine Erweiterung durch die Abderhaldenschen „Schutzfermente". Diese richten sich nicht nur gegen zellige Elemente, sondern auch gegen allerlei gelöste Stoffe, die etwa ohne vorherige genügende Zerlegung als blutfremde Stoffe in den Kreislauf gelangen, d. h. als solche Stoffe, aus denen die Körperzellen ihre Protoplasmabestandteile nicht zu entnehmen vermögen, und die vielmehr Gift- oder abnorme Reizwirkung auf gewisse Zellgruppen ausüben können. Auch aus erkrankten, zerfallenden Organzellen des eigenen Körpers gelangen unter Umständen derartige Stoffe in den Kreislauf. Gegen alle diese blutfremden Stoffe vermag der Körper rasch Schutzfermente zu bilden, durch die aus ihnen bluteigene Stoffe hergestellt werden. Dringen Eiweißstoffe parenteral ein, so werden sie durch Fermente zu Peptonen abgebaut; Disaccharide werden invertiert usw. Der Nachweis, daß solche Fermente entstehen, wird geliefert, indem die parenteral eingeführte Substanz, mit dem völlig klaren Serum des vorbehandelten Tiers zusammengebracht, den Abbau durch Änderung des optischen Drehungsvermögens erkennen läßt; oder mittels chemischer Reaktionen auf die durch die Fermentwirkung leicht dialysabel gewordenen Substanz. — Die Analogien zwischen Schutzfermenten und Immunsubstanzen haben indessen ihre Grenzen. Der Umstand, daß auch kristalloide Substanzen für die Schutzfermente in Betracht kommen; das schnelle, schon ¼ Stunde nach der Einverleibung nachweisbare Auftreten wirksamer Fermente; der Mangel der Spezifität der gebildeten Fermente innerhalb großer Gruppen von Stoffen, sind Differenzen, die vor einem Zusammnwerfen beider Vorgänge warnen müssen. Spezifisch sollen nach Abderhalden gewisse Fermente gegen krankhafte Produkte und namentlich ein peptolytisches Ferment im Blut von Schwangeren sein, das imstande ist, Plazentarbestandteile zu lösen.

3. Opsonine, Bakteriotropine.

Bereits oben ist darauf hingewiesen, daß die Phagozyten zu ihrer schützenden Rolle gegenüber lebenden Bakterien nur befähigt werden durch bestimmte Serumstoffe, welche die Aufgabe haben, die Aggressine der Bakterien zu neutralisieren und dadurch der Phagozytose zugänglich zu machen. Neufeld und Wright haben diese Stoffe besonders studiert und Wright hat ihnen den Namen „Opsonine" (opsono, ich bereite zur Mahlzeit vor) gegeben. Nach Neufeld werden manche Bakterien sehr leicht, auch ohne besonderen Serumzusatz, von Leukozyten aufgenommen; andere wie die Staphylokokken, werden ohne Serum nicht gefressen, reichlich nach Zusatz von Normalserum, noch reichlicher aber bei Gegenwart von Immunserum, d. h. Serum von

Tieren, die mit den gleichen Bakterien vorbehandelt waren; hochvirulente Streptokokken werden sogar nur bei Gegenwart von solchem Immunserum phagozytiert. Da die Wirksamkeit des Normalserums schon durch mäßiges Erhitzen — 10 Minuten 60° — aufgehoben wird, die des Immunserums in vielen Fällen nicht; da ferner die wirksamen Serumstoffe des Normalserums durch verschiedenste Bakterien (und auch durch Kohle usw.) aus dem Serum adsorbiert werden, die des Immunserums dagegen nur durch die spezifischen Bakterien, haben wir Grund anzunehmen, daß die wirksamen Substanzen im Immunserum nicht identisch sind mit den Opsoninen; Neufeld hat sie daher mit der besonderen Bezeichnung „Bakteriotropine" belegt. — Möglicherweise sind sowohl die opsonischen wie die bakteriotropen Antikörper mit anderen (Alexinen, Bakteriolysinen) identisch oder stehen ihnen sehr nahe.

Wright hat eine besondere Methodik zum Nachweis und zur quantitativen Abschätzung des Opsoningehalts des Serums bei Kranken angegeben:

Mittels dünn ausgezogener Glasrohre wird aus dem umschnürten Finger des Patienten (und ebenso eines normalen Menschen) Blut gewonnen und nach dem Gerinnen zentrifugiert = Serumgewinnung. Dann wird Kaninchenblut, um die Gerinnung zu verhindern, in Lösung von 1,5 % zitronensaurem Natron aufgefangen; nach Waschen und Zentrifugieren bilden sich drei Schichten, die Erythrozyten, das Plasma und dazwischen, als rahmartige Schicht, die Leukozyten. Letztere werden in eine Kapillare aufgenommen (mit zahlreichen Erythrozyten, die nicht stören); dazu kommt das Serum des Patienten und drittens Bakterienaufschwemmung (etwa 7—10 Milliarden Keime in 1 ccm). Die drei Teile werden gemischt, und die Mischung 15 Minuten bei 37° gehalten. Dann folgt Ausstrich auf Objektträger, Fixierung, Färbung. Die intrazellulären Bakterien werden in 20—30 Leukozyten gezählt und ihre Durchschnittszahl pro Leukozyt berechnet; diese Zahl ist der phagozytische Index. Außerdem wird angegeben, um wieviel größer oder kleiner dieser ist, als bei normalem Serum. Das Resultat bezeichnet man als opsonischen Index. (s. im Anhang.)

Die Bestimmung des opsonischen Index soll nach Wright: 1. die Diagnose unterstützen. 2. Den Verteidigungszustand des Organismus gegenüber Infektionserregern, auch den Wert einer eingeschlagenen Therapie, kennzeichnen. Ist der Widerstand des Körpers gegenüber einer Parasitenart gebrochen, so gibt sich dies durch einen geringeren opsonischen Index kund; bei gesteigerter Resistenz bemerkt man dagegen erhöhten Index. Am eingehendsten nachgewiesen ist dieses Verhalten für Patienten, die an Staphylokokkeninvasion und für solche, die an Tuberkulose leiden. 3. Die Vaccinetherapie kontrollieren. Wright injiziert dem Kranken getrocknete, fein gepulverte oder auch frisch sterilisierte Krankheitserreger (Staphylokokken 100—500 Mill., Streptokokken 5—10 Mill. usw.). Der opsonische Index wird anfangs oft sehr niedrig, zu 0,1—0,8 (der normale Index zu 1,0 gesetzt) gefunden. Nach der Behandlung mit abgetöteten Staphylokokken bzw. Tuberkelbazillen tritt zwar zunächst stets ein Absinken ein, die

sogenannte negative Phase, die meist ein bis zwei Tage andauert und deren Intensität von der verwendeten Dosis abhängig ist. Nach der negativen Phase erhebt sich dann aber der opsonische Index wieder und zugleich bessert sich der Zustand der Patienten. Die negativen Phasen dürfen sich nicht summieren und die Reaktionsfähigkeit des Organismus darf nicht zu stark in Anspruch genommen werden. Namentlich bei mehr chronischen Infektionen, wie Acne, Furunculosis, Cystopyelitis usw. scheint die Vaccinetherapie Erfolge aufzuweisen.

Nach Bail sollen sich besondere Aggressine im Tierkörper am Orte des Eindringens der Bakterien (Subkutis, Bauch-, Plaurahöhle) in Ödemen und Exsudaten finden. Durch Zufügung solchen Exsudats soll es gelingen, untertödliche Mengen von pathogenen Bakterien tödlich zu machen, und Halbparasiten und Saprophyten die Wucherung im Tierkörper zu ermöglichen. Ferner soll durch Vorbehandlung mit solchem Exsudat eine Antiaggressinimmunität erzeugt werden können, die selbst gegen die infektiösesten Vollparasiten von Erfolg und von der antitoxischen und bakteriolytischen Immunität verschieden sein soll. Aber die angeblich beweisenden Experimente Bail's lassen sich großenteils daraus erklären, daß die Exsudate Toxine enthalten, die bei der Auflösung der Bakterien frei geworden sind, und die auch durch Extraktion und Autolyse von Kulturen gewonnen werden können. Außerdem wirken bei der Immunisierung mit Exsudaten sehr verschiedene Antigene zusammen, solche, die bakterizide und bakteriotrope Antikörper auslösen und auch Substanzen, welche auf die Phagozyten schädigend wirken können (z. B. Leukozidine), oder welche die Sekretion der Leukozyten (Leukine) hemmen.

4. Agglutinine.

Setzt man Blutserum mit einem Gehalt an bestimmten Agglutininen Bakterienaufschwemmungen zu, so sieht man häufig nach wenigen Minuten, meist erst nach 1—24 Stunden, und am besten bei etwas erhöhter Temperatur (37—55°), eine Zusammenballung und Häufchenbildung der Bakterien eintreten; die Häufchen setzen sich im Reagenzglas unter Klärung der Flüssigkeit allmählich zu Boden, leichtes Schütteln wirbelt sie aber auf und macht sie als suspendierte grob sichtbare Flocken wieder sichtbar, während nicht agglutinierte Bakterienaufschwemmungen dauernd gleichmäßige Trübung zeigen. Bewegliche Bazillen zeigen zugleich unter dem Mikroskop Einstellung der Beweglichkeit; aber auch bei unbeweglichen Bakterien (Kokken) kann die Agglutination sehr deutlich werden. Eine Veränderung in Gestalt und Färbbarkeit wird bei den agglutinierten Bakterien nicht beobachtet.

Nach der Ehrlichschen Hypothese sind an dieser Blutwirkung Rezeptoren zweiter Ordnung beteiligt, d. h. solche, welche neben der Haftgruppe noch einen Arm tragen, der in eine fermentartig wirkende (agglutinophore, die Zusammenballung verursachende) Funktionsgruppe ausläuft. Trifft agglutinabele Substanz, die ebenfalls eine haptophore und eine Funktionsgruppe führt, mit geeignetem Agglutinin zusammen, so

fügen sich die haptophoren Gruppen zusammen, und die beiden Funktionsgruppen wirken aufeinander ein und veranlassen Zusammenballung. Auch hier kommt es beim Ersatz gesättigter Rezeptoren leicht zu solcher Überproduktion, daß ungesättigte Rezeptoren abgestoßen werden und frei im Blut zirkulieren. Diese Rezeptoren sind dann die in dem betreffenden Blut vorrätigen Agglutinine. — Es sind dies relativ widerstandsfähige Substanzen; sie vertragen noch Erwärmung auf 60 bis 65°, aber nicht mehr auf 65—70°. Gegen Säure, Licht, Aufbewahren in dünnen Lösungen sind sie empfindlich. Bei Abwesenheit von Kochsalz bleibt jede Agglutination aus; die notwendigen Zusatz-

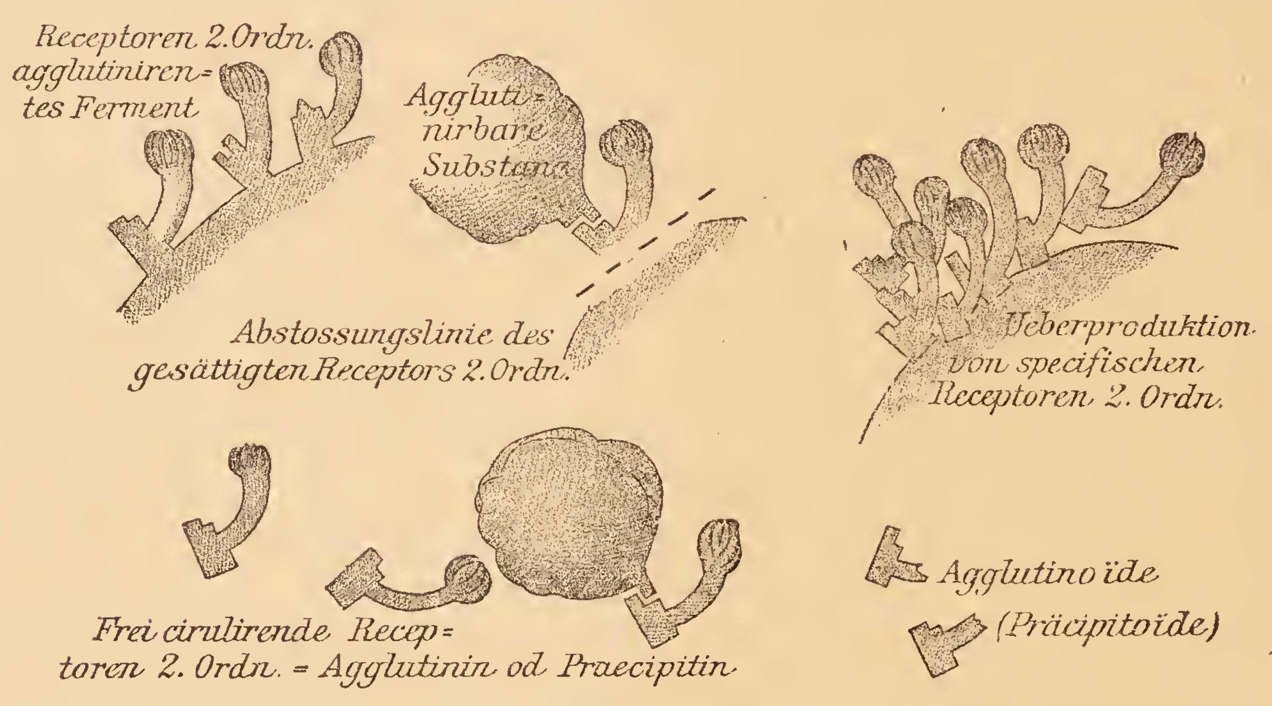


Fig. 165.
Bildungsweise der Agglutinine (und Präzipitine) nach Ehrlich.

mengen sind aber sehr gering. Bei 0° erfolgt wohl Bindung, aber keine Zusammenballung. — Die zymophore Gruppe ist, wie bei den Toxinen und Bakteriolysinen, die empfindlichere. Es entstehen daher leicht Agglutinoide, welche nur noch die haptophore Gruppe enthalten. Diese sind imstande, die agglutinable Substanz von Bakterien zu binden und damit deren haptophore Gruppen zu verstopfen, aber ohne daß Zusammenballung eintritt. — Bei Kapselbakterien beobachtet man keine Agglutination, bzw. erst nach Beseitigung der Kapseln. Keine Agglutination geben ferner des öfteren solche Bakterien, die frisch aus den Organen isoliert sind (Typhus), ferner solche, die unter ungünstigen Verhältnissen und namentlich unter Zusatz von etwas agglutinierendem Serum zur Kulturflüssigkeit gezüchtet sind.

Daß die zymophore Gruppe fest angelagert ist und nicht etwa wie bei den Bakteriolysinen aus einem Ambozeptor und einem getrennt von diesem bestehenden Ferment besteht, das geht aus Versuchen hervor, bei denen man (z. B. durch Hitze) die Agglutinine wirkungslos macht. Hier müßte man erwarten, daß die allein geschädigte zymophore Gruppe durch ein Hinzufügen neuer zymophorer

Moleküle wieder reaktiviert werden kann. Derartiges konnte indes bisher nicht beobachtet werden.

Über die chemische Natur der agglutinabelen Substanz und der Agglutinine wissen wir nichts Sicheres. Sie sind von den Serumeiweißstoffen vorläufig nicht zu trennen. — Vermutlich haben wir es auch hier mit einer kolloidalen Reaktion zu tun; die Vereinigung erfolgt nicht in einfachen Proportionen. Ähnliche Erscheinungen zeigt die „Ausflockung“ organischer und anorganischer Kolloide. Eine Ausflockung, die mit der Agglutination äußere Ähnlichkeit hat, kommt in Bakterienaufschwemmungen z. B. durch Chrysoidin, Formalin, Safranin usw. zustande, andererseits z. B. mit Mastixsuspensionen und Serum; hier fehlt indes die Spezifizität der Wirkung.

Eine bestimmte Bakterienmenge vermag sehr viel größere Mengen Agglutinine zu binden. Gibt man zu einer bestimmten Bakterienmenge das 1000fache der Agglutininmenge, die zur vollständigen Agglutination ausreichen würde, so werden noch 97 % des Agglutinins gebunden; bei der 100 000fachen Menge noch 57 % (Eisenberg und Volk). Nach Arrhenius läßt sich für die quantitativen Bindungsverhältnisse eine Formel aufstellen, die schließen läßt, daß bei dem Vorgang die Löslichkeit des Agglutinins in den Bakterien das Wesentliche ist. Nernst-Bilz haben indes gezeigt, daß die Formel auch zu Recht besteht, wenn gelöste Stoffe an der Oberfläche fein verteilter Substanz adsorbiert werden, also wenn die Bindung des Agglutinins durch Oberflächenwirkung zustande kommt.

Von Michaelis ist ermittelt, daß Bakteriensuspensionen ausgeflockt werden bei einem bestimmten Gehalt an Wasserstoffionen (Säureagglutination), und daß für viele Bakterienarten ein charakteristisches Optimum dieses Gehalts besteht. Diese Art Ausflockung steht aber nicht in näherer Beziehung zu der Agglutination durch Immunserum, weil letztere von der Reaktion der Flüssigkeit nur wenig abhängig ist.

Von großer Bedeutung ist der spezifische Charakter der Agglutination. Zwar vermag bei stärkerer Konzentration fast jedes Serum agglutinierend auf verschiedene Bakterienarten zu wirken. Aber sobald man mit Verdünnungen arbeitet und die Grenze der stärksten Verdünnung beachtet, welche noch Agglutination bewirkt, tritt die Spezifität der Reaktion deutlich hervor, so daß diese als wertvolles diagnostisches Hilfsmittel benutzt werden kann.

Im normalen Serum finden wir nur kleine Mengen „Normalagglutinine“. Injiziert man aber Tieren Kulturen einer bestimmten Bakterienart (durch intravenöse Injektion steigender Dosen lebender bzw. durch Erhitzen bis 72° oder durch Chloroform abgetöteter Bakterien; bzw. durch Injektion der Extrakte aus den zerstörten Bakterienleibern in etwa zehntägigen Intervallen); oder erkrankt ein Mensch durch Invasion einer bestimmten Bakterienart, dann bilden sich reichlich spezifische „Immunagglutinine“. Bis zum sechsten Tage zeigt sich keine Agglutinin; dann erfolgt steiler Anstieg der Kurve; am zehnten Tage ist

das Maximum erreicht, von dem der Gehalt stufenweise abnimmt. Der Gehalt kann so bedeutend werden, daß das Serum einen Agglutinationstiter von 1 : 100 000 zeigt, d. h. daß eine Verdünnung des Serums 1 : 100 000 mit physiologischer Kochsalzlösung noch eine Aufschwemmung von 1 Öse = 2 mg 24stündiger Agarkultur zur Agglutination bringt. Bei zu rascher Folge oder zu großen Impfdosen kann dauernde Abnahme des Gehalts und Kachexie oder plötzlicher Tod der Versuchstiere eintreten. — Hochgradige erworbene Agglutination beobachten wir namentlich gegenüber Cholera-, Typhus-, Dysenteriebazillen u. a. m.

Neben den Hauptagglutininen, welche genau der haptophoren Gruppe der agglutinabelen Substanz der zur Vorbehandlung benutzten Bakterienart entsprechen, entstehen oft Nebenagglutinine, welche ähnlich gebaute haptophore Gruppen besitzen. Bei manchen Bakterien (Coligruppe) entstehen diese besonders reichlich; dann versagt der spezifische Charakter der Reaktion gegenüber verwandten Bakterienarten insofern, als leicht eine Mitagglutination erfolgt. Sind z. B. am Typhusantigen die Rezeptoren a, b, c, d, e vorhanden, so sind vielleicht nur a, b, c spezifisch für Typhus; d und e kommen auch bei Paratyphus vor, dessen agglutinabele Substanz außerdem die Rezeptoren f, g, h besitzt. Ein Typhusserum mit den Partialagglutininen A, B, C, D, E wird Typhus durch die Rezeptoren A, B, C, aber auch Paratyphus durch D und E agglutinieren; ebenso wird ein Paratyphusserum durch die Agglutinine D und E Typhus mitagglutinieren. Ob im Einzelfall eine solche Mitagglutination oder Mischinfektion durch Invasion mehrerer Bakterienarten vorliegt, das kann unter Umständen entschieden werden durch den Castellanischen Versuch; es werden zunächst in die Serumverdünnung die am stärksten beeinflußten Bakterien bis zur Sättigung eingetragen und dann wird zentrifugiert. Wirkt nun das Serum nicht mehr auf die andere Bakterienart, so hat Mitagglutination vorgelegen, d. h. die Rezeptoren A, B, C, D, E sind sämtlich durch die Rezeptoren der Typhusbazillen a, b, c, d, e abgesättigt, und es bleiben keine Agglutinine übrig; handelt es sich dagegen um Mischinfektion, so bleiben die Rezeptoren F, G, H auch nach der Absättigung übrig und gehen mit den entsprechenden Rezeptoren der Paratyphusbazillen erneut Agglutination.

Zuweilen wird Paragglutination beobachtet; d. h. manche saprophytische Bakterien können beim Zusammenleben mit Krankheitserregern, z. B. im Darminhalt, bis zu einem gewissen Grade deren spezifische Agglutinierbarkeit annehmen, jedoch nur für beschränkte Zeit (Kuhn).

Vieles spricht dafür, daß die Immunität gegen parasitäre Krankheiten von dem Agglutiningehalt des Blutes nicht abhängt. Tiere mit angeborener Empfänglichkeit zeigen manchmal ausgesprochene Agglutination gegenüber den betreffenden Erregern (Pferdeblut und Tetanusbazillen). Namentlich aber bei erworbener oder künstlich hervorgerufener Immunität geht diese der Agglutininwirkung des Blutes keineswegs parallel; sogar bei stetig steigendem Agglutiningehalt können Typhusrezidive vorkommen, und andererseits können im ganzen Verlauf eines bakterio-

logisch sichergestellten Typhus die Agglutinine fehlen. Die Bildung von Agglutininen ist daher im wesentlichen nur als eine den eigentlichen Immunisierungsvorgang oft *begleitende* Erscheinung aufzufassen.

Außer Agglutininen für Bakterien existieren im Serum vielfach Agglutinine, welche die *Erythrozyten* anderer Tierspezies zum Zusammenballen bringen. Bildung neuer spezifischer Agglutinine und Steigerung der vorhandenen ist auch hier in hohem Maße möglich durch Behandlung der Tiere mit Injektionen fremder Blutarten. Dabei treten gleichzeitig die unten beschriebenen Hämolysine auf, die aber hitzeempfindlicher sind, so daß sich durch Hitze von 55° die Hämagglutinine von den Hämolysinen trennen lassen. Bei manchen Menschen sind, unabhängig von Rasse oder Krankheiten Isohämagglutinine (Blutkörper der gleichen Tierart zusammenballend) beobachtet; bei Kranken auch Autohämagglutinin.

5. Präzipitine.

Stellt man ein bakterienfreies *Kulturfiltrat* von einer bestimmten Bakterienart her, so daß dieses nur *gelöste* Stoffwechselprodukte und Leibessubstanzen der Bakterien enthält, und fügt eine kleine Menge davon einem Immunserum zu, welches nach Behandlung eines Tieres mit denselben Bakterien gewonnen ist, so entsteht eine Fällung in Form einer Trübung oder eines Niederschlags (*Kraus*).

Eine solche Fällung kommt auch zustande zwischen Eiweißlösungen und dem Serum eines Tieres, das mit demselben Eiweiß vorbehandelt ist, vorausgesetzt, daß dieses Eiweiß demjenigen des normalen Serums körperfremd, *heterolog*, ist (*Bordet, Tsistowitsch*). Jedes heterologe Eiweiß wirkt als Antigen (*Präzipitogen*) und erzeugt überschüssige, mit passender Haftgruppe versehene Rezeptoren (*Präzipitine*), die mit der präzipitabelen Substanz sich zum *Präzipitat* verbinden. Man kann in diesem Verhalten wiederum eine Art Schutzwirkung des Körpers sehen, der fremde Stoffe nicht unverändert zirkulieren läßt. Die Reaktion ist streng *artspezifisch*, sobald starke Verdünnungen angewendet und die quantitativ festgestellten Verdünnungsgrenzen eingehalten werden; sie ist zum Nachweis präzipitabeler Eiweißstoffe weit empfindlicher als irgendwelche chemische Reaktion. Gegenüber den *verschiedenen* Eiweißstoffen der *gleichen* Art ist sie *nicht* spezifisch; nur durch Vorbehandlung mit Extrakt aus der Kristalllinse des Auges, gleichgültig von welchem Wirbeltier, läßt sich spezifisches Linsenpräzipitin gewinnen. Injiziert man z. B. einem Kaninchen Kuhmilch, so treten im Serum Stoffe auf, welche das Kasein der Kuhmilch ausfällen, nicht aber das von Ziegen- und Frauenmilch und umgekehrt. Injiziert man Kaninchen wiederholt *Menschenblut* oder anderes Menscheneiweiß (3mal in 5—6 Tagen Intervall 1—3 ccm Serum), so erzielt man 6 Tage nach der letzten Injektion ein Serum, das noch durch größte Verdünnungen von Menschenblut oder anderen vom Menschen

stammenden Eiweißkörpern getrübt wird, während Eiweißkörper von anderen Tieren keine Trübung bewirken bzw. erst bei viel höheren Konzentrationen (feiner Nachweis von Menscheneiweiß und Menschenblut nach Wassermann, Uhlenhuth). Muskelextrakt von Pferdefleisch, Kaninchen wiederholt injiziert, gibt ein Serum, das zum Nachweis von Pferdefleisch geeignet ist (s. S. 239). — Das präzipitinhaltige Serum ist nicht zu verdünnen; $^{1}/_{10}$—½ ccm werden aber mit Präzipitogenverdünnungen bis 1 : 10 000 versetzt. Das Präzipitat hat die Neigung, verschiedenste kolloidale Körper an sich zu reißen und adsorbiert zu halten. Der feine Niederschlag repräsentiert offenbar eine sehr große, zu solchen Adsorptionsleistungen geeignete Oberfläche. Unter anderem werden auch eiweißverdauende Fermente (Komplemente) begierig adsorbiert. Darauf gründet sich die von M. Neisser und Sachs angebene Verfeinerung der Methode zum Nachweis von artfremdem Eiweiß (s. unten). Außerdem vollzieht sich unter dem Einfluß der adsorbierten Fermente ein Eiweißabbau, der mit der Bildung giftiger Produkte einhergehen kann (s. unter Anaphylaxie).

Bei einander sehr nahestehenden Tierspezies versagt die Methode; das Eiweiß der anthropoiden Affen z. B. scheint für den Menschen keinen hinreichend ausgesprochen heterologen Charakter zu haben. Durch Auswahl möglichst nahestehender Tierarten zur Herstellung des Serums, Hochwertigkeit des letzteren, genaue quantitative Grenzbestimmungen und eventuell Castellanischen Versuch (s. oben) läßt sich die Methode verfeinern.

Physiologisch kommt die Möglichkeit der Präzipitierung in Betracht, z. B. wenn Menschen heterologes Einweiß in Form von Fleisch, Ei, Milch genießen. Um diese in ein für den Menschen homologes, flüssig bleibendes Eiweiß zu verwandeln, müssen die spezifischen Eigentümlichkeiten des Rinder-, Hühnereiweißes usw. beseitigt werden. Dies geschieht vollständig durch die bei der Verdauung stattfindende weitgehende Zerlegung der Eiweißstoffe.

Durch mäßiges Erhitzen wird das Serum inaktiviert, d. h. die Funktionsgruppe des Präzipitins wird zerstört und es entstehen Präzipitoide, die zwar das entsprechende Eiweiß noch absättigen, aber nicht fällen. Nach der Behandlung mit Präzipitoiden wird die Eiweißlösung auch durch Präzipitine nicht mehr gefällt. — In manchen Fällen gibt das Serum von frisch Erkrankten und Genesenden oder schon lange an der gleichen Krankheit Leidenden (Syphilis) beim Übereinanderschichten einen Präzipitinring.

Eigentümlich ist eine von A. Ascoli und Valenti mitgeteilte Methode der Milzbranddiagnose durch „Thermopräzipitation". Ein stark präzipitierendes Milzbrandserum vermag durch Ringbildung im 2 Min. gekochten Extrakt selbst von hochgradig faulen Organen von Milzbrandtieren Präzipitogene, die aus dem Leibe der Milzbrandbazillen stammen, zu einer Zeit nachzuweisen, wo andere Methoden längst versagen. Auch bei Schweinerotlauf, Rauschbrand, Paratyphus scheint eine ähnliche Diagnostik möglich zu sein.

6. Komplementbindende Antikörper (Reagine).

Wie oben ausgeführt wurde, wird energische Komplementbindung bei den Bakteriolysinen und Hämolysinen beobachtet; der mit dem Antigen vereinigte Ambozeptor hat starke Avidität gegenüber dem Komplement, bindet es und ermöglicht ihm damit, seine auflösende Fähigkeit gegenüber dem Antigen zur Wirkung gelangen zu lassen. Nicht immer besitzt indes ein Immunserum, das deutliche Komplementbindung veranlaßt, bakterizide und schützende Kraft. Es ist daher richtiger, eine besondere Gruppe von komplementbindenden Antikörpern zu unterscheiden, denen man vielleicht den Namen „Reagine" (Kruse) beilegen kann, weil sie Reaktionen liefern, die uns zu diagnostischen Zwecken von großer Bedeutung sind.

Diese Reaktionen beruhen auf dem oben beschriebenen hämolytischen System, d. h. auf den 3 Ingredienzien: Erythrozyten, hämolytischer Ambozeptor und Komplement, die quantitativ so aufeinander eingestellt sind, daß nach ihrer Vereinigung und nach zweistündigem Aufenthalt bei 37° gerade komplette Hämolyse eintritt. Will man nun prüfen, ob in einer Flüssigkeit komplementbindende Stoffe vorhanden sind, so kann man den einen Bestandteil des hämolytischen Systems, das Komplement, der zu prüfenden Flüssigkeit probeweise zusetzen, es gleichsam den dort etwa vorhandenen beliebigen Antikörpern und Antigenen anbieten; sind aufeinander passende Ambozeptoren und Antigene vertreten, so werden diese sich vereinigen, und die Vereinigung ist stark komplementgierig; sie wird daher das Komplement binden und verbrauchen, und wenn man nachher die beiden anderen Ingredienzien des hämolytischen Systems zufügt, so wird die komplette Hämolyse ausbleiben, weil eben das Komplement ganz oder teilweise verbraucht war. Tritt dagegen volle Hämolyse ein, so ist das ein Zeichen, daß das Komplement nicht begehrt war, daß also Antikörper- Antigenvereinigungen in der zu prüfenden Flüssigkeit nicht existieren.

Bordet und Gengou haben diese Versuchsanordnung zuerst angewendet, um bestimmte Immunstoffe im Blute aufzusuchen. Sie fügten die zu jenen Immunstoffen passenden Antigene in Form einer Aufschwemmung oder eines Extraktes der zugehörigen Bakterien dem Blute zu und prüften, ob dann das Komplement des hämolytischen Systems fixiert wurde. War dies der Fall und blieb infolgedessen die Hämolyse aus, so waren die gesuchten Ambozeptoren vorhanden. — Oder man kann behufts Verifizierung verdächtiger Kulturen, z. B. Typhus, der Aufschwemmung oder dem Extrakt sicheres Immunserum (Typhusambozeptoren) zusetzen; wird das Komplement gebunden, so ist damit bewiesen, daß die fragliche Kultur Typhusbazillen enthielt. — Nicht nur

mit Bakterien, sondern auch mit Eiweißantigen oder Antieiweißambozeptoren läßt sich die gleiche Reaktion ausführen.

Praktisch hat die Komplementbindung namentlich Verwendung gefunden:

a) Nach Wassermann, A. Neisser, Citron und Bruck zum Nachweis der Antigene bei Lues. Von mit Syphilis vorbehandelten Affen gewinnt man Immunserum und inaktiviert dieses. Bringt man letzteres mit Körperflüssigkeiten (besser Extrakt von Erythrozyten) syphilisverdächtiger Personen zusammen, so werden diese bei begründetem Verdacht Syphilisantigene enthalten, welche sich mit den Ambozeptoren jenes Immunserums verbinden werden. Fügt man nun zu dieser Mischung das Komplement eines hämolytischen Systems, so werden die mit Syphilisantigen besetzten Ambozeptoren einen Teil des Komplements für sich verbrauchen; und fügt man hernach die beiden anderen Bestandteile des hämolytischen Systems hinzu, so tritt nicht mehr vollständige Hämolyse ein, die dagegen eingetreten sein würde, wenn kein Syphilisantigen zugegen und daher kein Komplement verbraucht worden wäre. — Das Verfahren ist komplizierter und weniger sicher als der jetzt ausschließlich benutzte:

b) Nachweis spezifischer Antikörper bei Lues. Man verwendet von den verdächtigen Patienten Blutserum (oder bei Paralyse und Tabes Spinalflüssigkeit); dieses wird inaktiviert. Als Antigen dient Extrakt aus Leber hereditär luetischer Föten; der klare Extrakt muß in bestimmter Menge mit entsprechender Menge luetischen Serums komplette Hemmung der Hämolyse geben, während mit normalem Serum komplette Hämolyse eintritt. Die Prüfung besteht dann in der Mischung von Serum + Luesextrakt + 1 ccm Komplement 1 : 10 (s. oben) und nach zweistündigem Aufenthalt bei 37° + 1 ccm hämolytische Ambozeptoren vom Titer 1 : 1000 + 1 ccm 5 % Blutkörperchenaufschwemmung. Hemmung der Hämolyse zeigt Lues an. — Zahlreiche Kontrollen (mit normalem Serum, Extrakt normaler Organe usw.) sind unerläßlich (Wassermannsche Reaktion; Genaueres s. im Anhang).

Die Deutung der Wassermannschen Reaktion als einer Antigen-Antikörpervereinigung, die komplementgierig ist, ist nach neueren Untersuchungen nicht aufrecht zu erhalten. An Stelle des Extrakts aus luetischer Leber läßt sich als Antigen auch Herzmuskelextrakt von Meerschweinchen, oder Lezithin, oder Seife, namentlich oleinsaures Natron, verwenden, und Cholesterinzusatz erhöht die Brauchbarkeit der Extrakte; an Stelle luetischen Serums werden mit normalem Ziegen- und Kaninchenserum, oder mit der Euglobulinfraktion normalen Menschenserums positive Ausschläge erzielt. Die Untersuchungen von Elias, Porges, Friedemann, Schmidt u. a. machen es vielmehr wahrscheinlich, daß das Wesentliche für den positiven Ausfall der Reaktion eine abweichende Beschaffenheit der Eiweißstoffe des Serums der Luetiker ist. Im luetischen Serum besteht eine quantitative und vielleicht auch qualitative Änderung der Globuline bzw. der Albumine, der Art, daß die Globuline eine starke Affinität zu Lipoiden und zu dem Extraktkolloid besitzen und äußerst feine Teilchen mit Bildung neuer freier Oberflächen auf dem Extraktkolloid ausfällen. Im Normalserum wird diese Reaktion durch eine Schutzwirkung der Albumine gehemmt. Eine Präzipitation hat

Jacobsthal im Ultramikroskop bei Dunkelfeldbeleuchtung direkt beobachten können. Auch die eigentümliche von Klaussner beobachtete Ausflockung des luetischen Serums durch 3 Teile Wasser ist auf die Änderung der Globuline zurückzuführen. Das durch Kolloidreaktion zustande gekommene Präzipitat bewirkt möglicherweise die Adsorption des Komplements. — Trotz dieser anderen Erklärung der Wassermannschen Reaktion ist ihre Zuverlässigkeit und praktische Bedeutung für die Luesdiagnose die gleiche geblieben.

Die genauere Erkenntnis des inneren Vorgangs bei der W.schen Reaktion hat Meinicke veranlaßt, letztere durch eine Lipoidbindungsreaktion zu ersetzen. Das inaktivierte Patientenserum wird mit einer starken (aber langsam vorgenommenen) Verdünnung des cholesterinierten Herzmuskelextrakts mit destill. Wasser versetzt. Nach 24 Stunden 37° ist Ausflockung eingetreten; man fügt dann austitrierte Kochsalzlösung zu, welche nach 1 Stunde 37° die Flocken des nicht luëtischen gelöst hat. — Oder nach Sachs und Georgi wird das 10fach verdünnte bei 55° inaktivierte Patientenserum mit dem Extrakt vermischt, der 6fach mit phys. Kochsalzlösung verdünnt ist. Nach etwa 12 Stunden 37° zeigt Luesserum im Agglutinoskop (s. Anhang) Ausflockung. — Namentlich letztere Reaktion steht in bezug auf praktische Verwendbarkeit der W.-R. sehr nahe.

c) Komplementbindung nach M. Neisser, Sachs, Moreschi zum forensischen Blutnachweis: Mit Menschenblut vorbehandeltes Kaninchenblut vermag bekanntlich in größten Verdünnungen von menschlichem Eiweiß Präzipitate zu erzeugen. Diese Präzipitate haben eine starke antikomplementäre Wirkung, indem sie energisch Komplement adsorbieren (s. oben). Der Nachweis des Präzipitats, der sonst auf der Wahrnehmung einer sichtbaren Trübung beruht, läßt sich daher in der Weise verfeinern, daß man ein hämolytisches System zu Hilfe nimmt und damit feststellt, ob Komplementverbrauch durch das präzipitierte Blut stattgefunden hat. Es gelingt in dieser Weise, noch $^1/_{10000}$ ccm Menschenserum nachzuweisen; ferner läßt sich das Blut von Affen und Menschen, sowie verschiedener Menschenrassen differenzieren.

7. Überempfindlichkeit erzeugende Antikörper, Anaphylaxine.

Überempfindlichkeit nach Einverleibung von Antigen ist schon früh beobachtet bei der Immunisierung von Pferden mit steigenden Dosen von Diphtherietoxin (v. Behring). Hier hatten erneute Injektionen unerwartet heftigste Reaktionserscheinungen zur Folge. Eine Erklärung versuchte man in der Weise, daß man annahm, die Rezeptoren, die nach ihrer Abstoßung als Antitoxin fungieren, seien zur Zeit der erneuten Injektion noch nicht abgestoßen, sondern „sessil"; sie haften noch an der Zelle und vermitteln infolgedessen gerade heftigste Giftwirkung auf die Zelle.

Auch bei wiederholten Invasionen der gleichen Krankheitserreger sind rasche heftige Reaktionen beobachtet, die jetzt als anaphylaktische Vorgänge gedeutet werden, z. B. die bei Revaccinierten nicht selten auf-

tretenden heftigen Reizerscheinungen nach Einbringung von Kuhpockenvirus (v. Pirquet).

Besonders deutlich tritt aber die Anaphylaxie auf nach wiederholter parenteraler Zufuhr von nicht bakteriellem körperfremdem ungeformten Eiweiß. Dahin ist das Eiweiß anderer Tierspezies zu rechnen; aber auch arteigenes Eiweiß, das Abweichungen oder gewisse Veränderungen erfahren hat (verbranntes Organeiweiß; jodiertes Eiweiß; Plazentareiweiß; Linsensubstanz usw.). Alle tierischen und pflanzlichen Zellen, Extrakte aus Zellen und Organen; Fermentlösungen, ungereinigte Fette, denen Spuren von Eiweißkörpern oder Nukleoproteiden anhaften, geben Ausschläge. Parenterale Zufuhr gehört dazu, weil der Körper bei enteraler Eiweißzufuhr gegen etwaige giftige Spaltprodukte durch die Zerlegung im Darm und das Darmepithel geschützt ist. — Intravenöse Injektion pflegt die subkutane im Effekt erheblich zu übertreffen.

Bei parenteraler Einverleibung von Eiweiß findet nach neueren Beobachtungen regelmäßig eine „Leistungssteigerung" („Protoplasmaaktivierung", Weichardt) der verschiedensten Körperzellen statt, so daß bei richtiger Auswahl und Dosierung (Milch, Kasein u. a) bei manchen Krankheiten günstige therapeutische Effekte erzielt werden (Proteinkörpertherapie, R. Schmidt). Hierbei ist beachtenswert, daß ein spezifisch sensibilisierter Körper auch auf solche unspezifischen Reize „mit einer besonders hochgradigen Mobilisation der bereits produzierten Abwehrmöglichkeiten reagiert, und daß diese Reaktion oft lokal an erkrankten Partien ihren am meisten in die Augen fallenden Ausdruck findet" (Weichardt).

Gewisse Symptome von Giftbildung beobachtet man zuweilen schon bei einmaliger Eiweißzufuhr (Idiosynkrasie gegen bestimmte Eiweißarten). Regelmäßig deutliche Symptome treten erst auf nach wiederholter Zufuhr. Eine solche lag z. B. den Tierversuchen von Richet (mit Aktinienkongestin) zugrunde; ebenso dem Arthusschen Phänomen, (wiederholte Behandlung von Kaninchen mit Pferdeserum), dem Kretzschen (Toxin-Antitoxingemische) und dem Smithschen Phänomen (Vorbehandlung von Meerschweinchen mit Diphtherie-Toxin-Antitoxinmischungen, nachher normales Pferdeserum).

Auch beim Menschen beobachtet man entsprechende Wirkungen, namentlich nach Injektion von Immun- oder Heilserum. Nach einer einmaligen Injektion können nach einer Inkubationszeit frühestens am 5., spätestens am 12. Tage, Urtikaria, Drüsenschwellungen, Ödeme und leichtes Fieber auftreten; alle Symptome gehen bald wieder zurück. Nur große Dosen haben oft diese Folgen; in den Fällen, wo 10 ccm Serum

injiziert war, rechnet man 85 %, wenn aber 10 ccm injiziert waren, nur 6 % Erkrankungen. Nach einer Reïnjektion des gleichen Eiweißstoffs treten die Erscheinungen stürmischer, zuweilen wenige Stunden nach der Injektion, erheblich verstärkt und vermehrt durch Schwindel, Herzschwäche usw. auf. 3—8 Wochen Intervall zwischen 1. und 2. Injektion ergibt die heftigsten Erscheinungen; aber auch schon nach 12 Tagen und noch nach 1—2 Jahren machen sie sich deutlich bemerkbar. Todesfälle und erhebliche dauernde Erkrankungen sind beim Menschen bisher äußerst selten beobachtet. Aber doch wird man wünschen müssen, daß bei schwerer Skarlatina oder Diphtherie und bei zarten Kindern diese Komplikation vermieden wird. Dies kann geschehen 1. dadurch, daß zur Reïnjektion ein Antiserum von einer anderen Tierspezies benutzt wird. Die Serumwerke halten z. T. neben dem üblichen Pferdeserum zur Therapie auch Diphtherie-Antitoxin zur Immunisierung vorrätig, das von Rindern gewonnen ist. 2. Durch interkurrente, schon nach kürzerer Frist (8 Tage) mehrfach wiederholte kleine Seruminjektionen, mit deren Hilfe eine Art Gewöhnung eintritt. 3. Durch Beseitigung der Globuline des Serums, die ursächlich beteiligt sind. — Gut bewährt hat sich 3- bis 4monatliches Lagern der Sera, da die Anaphylaktogene dann an Menge vermindert sind. Auch Erwärmung auf 55—58° soll diese Substanzen abschwächen.

Weitere Aufklärung durfte man vom Tierexperiment erwarten. Nicht jede Spezies ist für Anaphylaxie empfänglich. Meerschweinchen stehen weitaus an erster Stelle; ziemlich empfänglich ist der Mensch; Kaninchen sind 400mal weniger empfänglich als Meerschweinchen, noch weniger Ziegen, Hunde, Mäuse. — Injiziert man Meerschweinchen von dem für diese Tiere ungiftigen Pferdeserum 0,01 ccm subkutan oder $^1/_{1000}$ Milligramm intravenös als „sensibilisierende" Dosis, und nach 2—3 Wochen vom gleichen Serum eine erheblich größere Menge, subkutan einige Gramm, intravenös einige Milligramm, als „Probe" (l'épreuve), so tritt nach wenigen Minuten der „anaphylaktische Anfall" ein. Zuerst wird das Tier unruhig, es juckt sich an der Nase, dann erfolgt Würgen, zuweilen Erbrechen; schließlich fällt es auf die Seite und unter stärkster Dyspnoe und fühlbarer Abkühlung der Haut geht es zugrunde. Die Sektion zeigt als auffälligsten Befund eine kolossale Lungenblähung infolge einer krampfartigen Kontraktur der Bronchialmuskeln, die das Lumen der kleineren Bronchien ganz verschwinden läßt. Dieser Krampf scheint zentral ausgelöst zu werden; durch gewisse Narkotika, Äther, Chloräthyl, kann er verhindert werden. — Außer dem Absinken der Körpertemperatur beobachtet man noch eine verminderte Gerinnungsfähigkeit des Blutes, Leukopenie, und Schwund des Komplements.

Die Entwickelung des anaphylaktischen Zustandes ist zeitlich eine ähnliche wie die der Immunität. Auch darin besteht eine weitere Analogie, daß sich der anaphylaktische Zustand wie die Immunität passiv durch Serum übertragen läßt (3 Wochen nach der ersten Antigendosis 1 bis 3 ccm Serum dieses Tieres auf ein zweites übertragen, und letzterem nach 24 Stunden die 2. Antigendosis injiziert). Man wird daher im Serum der aktiv überempfindlich gemachten Tiere die Existenz einer Art von Immunkörper, des Anaphylaxins (anaphylaktischen Reaktionskörpers) voraussetzen dürfen. Nur insofern besteht ein Unterschied, als die passive Übertragung nicht ganz so plötzlich den anaphylaktischen Zustand hervorruft, wie die Injektion von Immunserum die Immunität.

Wird der anaphylaktische Anfall überstanden, so ist das Tier für 1—3 Monate antianaphylaktisch, d. h. es reagiert nicht mehr auf die Zufuhr des betreffenden artfremden Eiweißes. — Ebenso wie andere Immunkörper auch im normalen Tierkörper in kleiner Menge vorkommen, wird man auch normale Anaphylaxine erwarten dürfen. In der Tat kann man durch einmalige intravenöse Einspritzung vieler Bakterien anaphylaktische Vergiftung hervorrufen.

Das feine Reagieren der Meerschweinchen mit anaphylaktischen Anfällen kann zu einem äußerst empfindlichen Nachweis eines bestimmten Antigens benutzt werden. Soll z. B. untersucht werden, ob ein Material menschliches Eiweiß enthält, so ist eine Aufschwemmung davon einem Meerschweinchen zu injizieren; und nach 3 Wochen ist eine größere Dosis sicher menschliches Eiweiß nachzuinjizieren; wenn das Material der 1. Injektion Menscheneiweiß enthielt, so muß jetzt ein anaphylaktischer Anfall eintreten.

Der Komplementschwund bei der anaphylaktischen Vergiftung deutet darauf hin, daß, in ähnlicher Weise wie bei der Bakteriolysinwirkung durch das Zusammentreten des Antigens mit dem Ambozeptor Bindung des Komplements und Auflösung des Antigens erfolgt, so auch hier durch das von der Antigen-Anaphylaxinvereinigung fixierte Komplement ein fermentativer Abbau von Eiweiß und damit Giftbildung zustande kommt.

Es lag der Gedanke nahe, die Bildung des Anaphylatoxins auch im Reagenzglas vor sich gehen zu lassen. In der Tat gelang dies Friedemann, und Friedberger hat den Vorgang genauer studiert. Wenn man Hammelserum Meerschweinchen injiziert, das gewonnene Antiserum mit normalem Serum versetzt, zentrifugiert und nun den Rückstand mit Meerschweinchenkomplement versetzt, so erhält man durch neues Zentrifugieren im flüssigen Anteil ein lösliches Produkt, das bei Meerschweinchen anaphylaktischen Anfall auslöst. Das gleiche gelang mit Bakterien (Tuberkelbazillen, auch Saprophyten) und einem Zusatz der entsprechenden Ambozeptoren und von Komplement bzw. von genügenden Mengen normalen komplementhaltigen Serums.

Friedberger ist der Meinung, daß es auch bei allen natürlichen bakteriellen Invasionen wesentlich ankomme auf das parenteral eingeführte Bakterieneiweiß; dieses veranlasse Antikörperbildung, ferner bilde sich, verschieden je nach Virulenz

und Vermehrungsfähigkeit der Bakterien, neues Antigen, und damit seien die Bedingungen gegeben für Entstehung von Anaphylatoxin. Da es sich aber meist um sehr kleine Mengen handele, komme es nicht zum anaphylaktischen Anfall und Temperatursturz, sondern zu Temperatur steigerung, die tatsächlich — wenn auch nicht regelmäßig — mit verschwindend kleinen Mengen von ungeformtem Eiweiß zu erzielen waren, und zwar je nach Dosis und Zeitintervall bald mehr in Form eines remittierenden, bald mehr eines intermittierenden Fiebers. Friedberger glaubt, daß vielleicht nur der Modus der Giftbildung, nicht aber das Gift selbst, bei verschiedenen Infektionserregern verschieden sei, eine Ansicht, mit welcher die doch sehr weit voneinander abweichende Wirkungsweise der einzelnen Endotoxine schwer in Einklang zu bringen ist.

Welcher Art die giftigen Abbauprodukte der Eiweißstoffe sind, darüber sind zahlreiche Untersuchungen im Gange. Schon dem käuflichen Pepton kommen gewisse Giftwirkungen (Peptotoxine) zu. Friedberger, später Schittenhelm und Weichardt haben statt des unreinen Peptons reinere Abbauprodukte untersucht; sie unterscheiden zunächst 2 Gruppen, erstens hochmolekulare Verbindungen, die nicht dialysabel sind, Sopor und Temperaturabfall ohne Krämpfe bewirken und als Antigene wirken; daneben niedrig molekulare, dialysabele, nicht zur Antikörperbildung befähigte, hauptsächlich Krämpfe veranlassende Substanzen. In der erstgenannten Gruppe sind die Monaminsäuren unwirksam, die Diaminosäuren (Protamine, Histon) wirken dagegen dem Pepton ähnlich. Sehr wirksam sind die aus den ungiftigen Aminosäuren durch Beseitigung der Karboxylgruppe entstehenden Amine; so wird z. B. aus dem im tierischen Organismus verbreiteten Histidin durch Karboxylentfernung (z. B. mittels Fäulnis) β-Imidazoläthylamin gebildet, das von Dale und Laidlow näher studiert ist und Symptome hervorruft, die denen des anaphylaktischen Anfalls zwar nicht gleich, aber ähnlich sind. Es ist danach wohl möglich, daß solche Gifte auch von manchen Bakterien und in tierischen Organen gebildet, und ohne Komplement und Antikörper wirksam werden können. — Sachs, P. Schmidt u. a. vertreten die Ansicht, daß nicht Antigenabbau, sondern eine physikalische Einwirkung des Substrats auf das aktive Serum die Giftbildung bewirke.

Die in vorstehendem geschilderten vielseitigen Schutzvorrichtungen des Körpers beteiligen sich in sehr verschiedenem Grade an der Bekämpfung der einzelnen Parasiten. Manche von diesen Vorrichtungen treten wohl nur unter den übertriebenen Verhältnissen des Experimentes stärker hervor, ohne im gleichen Maße bei der natürlichen Immunität beteiligt zu sein. Dies gilt sicher von manchen Antitoxinen, aber auch von den Bakteriolysinen. Gelingt es doch bei manchen parasitären Krankheiten wie Pocken, Hundswut, Tuberkulose überhaupt nicht, Bakteriolysine im Tierversuch herzustellen. Andererseits ist es bemerkenswert, daß sich in immunen Tieren und Menschen und bei hohem bakteriolytischen Titer des Blutes noch lange Zeit lebende virulente Erreger vorfinden.

Mit Recht ist auch darauf hingewiesen, daß alle Versuche im Reagenzglas und mit Kulturbazillen mit einiger Reserve aufgenommen

werden müssen, da sogenannte „tierische" Bazillen, d. h. Bazillen, welche eine Zeitlang im Tierkörper sich aufgehalten haben, infolge dieses Aufenthalts offenbar eingreifend verändert werden und ihre Agglutinierbarkeit, Auflösbarkeit und Phagozytierbarkeit verlieren können. Besonders lehrreiche Beispiele für das „Festwerden" der Erreger gegen Immunstoffe liefern die Trypanosomen und Spirochäten (s. unten).

Es ist jedenfalls die Möglichkeit nicht auszuschließen, daß unter den natürlichen Verhältnissen des lebenden Körpers für die Immunität noch andere Momente in Betracht kommen; namentlich ist an ein stärkeres Hervortreten der lokalen oder Organimmunität zu denken, bei welcher eine „Umstimmung" einzelner Gewebe besonders an der Invasionsstelle zustande kommt, die entweder einen Teil des Schutzes übernimmt, oder in anderen Fällen lokale Überempfindlichkeit hervortreten läßt.

B. Die absichtliche Herstellung der Immunität und die Schutzimpfungen.

1. Erhöhung der natürlichen Immunität (allgemeine Resistenz) gegen parasitäre Krankheiten.

Man kann zunächst versuchen, die natürliche Empfänglichkeit gegenüber den verschiedensten Infektionskrankheiten dadurch zu schwächen und die Resistenz des Körpers zu stärken, daß man die nicht spezifischen inneren Schutzeinrichtungen, Phagozyten, Alexine, Opsonine usw. vermehrt und die mit deren Produktion betrauten Organe möglichst funktionsfähig macht.

Experimentell hat man bei Versuchstieren Resistenzvermehrung namentlich durch solche Mittel erzielt, welche stärkere Leukozytose hervorrufen. Injektion von Hefenuklein, Pilokarpin, Zimtsäure; oder Injektion von lebenden oder abgetöteten saprophytischen Bakterien (B. prodigiosus, coli, pyocyaneus usw.); oder auch künstliche Herstellung von örtlicher Hyperämie, sei es durch äußere Applikation von Alkohol, sei es durch Umschnüren (Biersche Stauung), bewirken erschwerte oder verlangsamte Infektion, anscheinend vorzugsweise infolge der erhöhten Tätigkeit der Leukozyten und Opsonine. — Auch ein kurzdauernder Schutz gegen Cholera kann z. B. durch Injektion von normalem Blutserum, Harn, Bouillon usw. in die Bauchhöhle von Meerschweinchen bei diesen ausgelöst werden. Hier greift teils die Leukozytose ein, teils das erhöhte Zuströmen von Komplementen zwecks Verdauung der injizierten Substanzen. — Vgl. die vorstehend geschilderte Protoplasmaaktivierung durch Eiweißinjektion.

Die Beobachtungen, daß hungernde Tiere empfänglicher werden, daß Überanstrengung (Ratten im Tretrad), Störungen der Wärmeregulierung, künstlicher Diabetes, fortgesetzte Dosen von Chloral, Chloro-

form usw. die Resistenz gegen eine einzelne oder gegen mehrere Infektionskrankheiten herabsetzen, sind sicher in der gleichen Weise zu deuten; die Sensibilität der Phagozyten und die Produktion von Opsoninen und Alexinen nimmt entsprechend ab, und infolgedessen wächst die Empfänglichkeit res Körpers. — Bereits S. 49 wurde hervorgehoben, daß experimentelle Abkühlung bei Tieren ein Sinken der Leukozytenzahl um mehr als 50 %, eine Verringerung der Freßfähigkeit der Leukozyten und eine starke Abnahme des Komplementgehalts des Blutes bewirkt. — In anderen Versuchen hat man eine höhere Alkaleszenz des Blutes als förderlich für die Resistenz erkannt; es steht noch nicht fest, welcher der obengenannten Faktoren hierdurch beeinflußt wird. — Schließlich muß in manchen Fällen die Versorgung eines einzelnen Organs mit Blut, Leukozyten usw. ausschlaggebend sein für die Disposition des Körpers, an einer parasitären Krankheit mit bestimmter Wucherungsstätte der Erreger zu erkranken.

Für den praktischen Zweck einer Steigerung der Unempfänglichkeit des Menschen läßt sich aus diesen Beobachtungen nur folgern, daß eine namentlich in bezug auf Eiweiß ausreichende Ernährung und eine Lebensweise, welche alle als schädigend erkannten Einflüsse möglichst ausschaltet, den normalen Ablauf des Zellebens in allen Organen ermöglicht, und die schützende Rolle der Leukozyten bzw. die Fähigkeit der Zellen zur reichlichen Produktion von Antikörpern unterstützt, am ehesten Schutz auch gegen Infektionen gewähren wird.

Praktisch brauchbare Verhaltungsmaßregeln zur Beeinflussung der „Disposition“ gegenüber verschiedensten parasitären Krankheiten lassen sich zurzeit nicht aufstellen. Man muß sich mit den Lehren der allgemeinen Hygiene begnügen und hoffen, daß unter der großen Summe von Lebensregeln, welche diese gibt, auch solche sich befinden, welche die Empfänglichkeit für diese oder jene Infektionskrankheit herabsetzen. Selbstverständlich arbeiten wir auf diese Weise immer mit einem großen, für die Bekämpfung der wichtigsten übertragbaren Krankheiten belanglosen Ballast von Maßnahmen, die auch von der überwiegenden Mehrzahl der Menschen auf die Dauer gar nicht befolgt werden können, und die vielfach auf recht unsicherem Boden stehen. Dagegen ist es erheblich aussichtsvoller, gegenüber der einzelnen parasitären Krankheit eine Beeinflussung der spezifischen Disposition zu versuchen.

2. Spezifische Schutzimpfungen.

Den Ausgangspunkt für die spezifischen Schutzimpfungen bildete die Erfahrung, daß gegen manche parasitäre Krankheiten durch einmaliges Überstehen eine langdauernde Unempfänglichkeit erworben wird. Nicht alle Infektionskrankheiten gewähren diesen Schutz;

Pyämie und Sepsis, Gonorrhöe, Malaria, Pneumonie, Diphtherie, Influenza zeigen häufig schon kurze Zeit nach dem Überstehen der ersten Erkrankung Rezidive; einige hinterlassen sogar in ausgesprochener Weise eine gesteigerte Empfänglichkeit des Körpers. Andere Krankheiten bewirken wohl für einige Zeit Immunität, aber nicht ausnahmslos und nicht gleichartig bei den verschiedenen Tierspezies; so z. B. der Milzbrand, der nachweislich bei Menschen und Pferden rezidiviert, während Hammel und Rinder durch einmaliges Überstehen der Krankheit für längere Zeit geschützt werden. Cholera bewirkt in der Regel für einige Monate bis Jahre einen Schutz gegen wiederholte Erkrankung. Eine ausgesprochene, lange Zeit andauernde Immunität tritt beim Menschen nach einmaligem Überstehen von Pocken, Scharlach, Masern, Fleckfieber und Abdominaltyphus ein. — Die Schutzimpfung kann nach den im vorstehenden gegebenen Ausführungen entweder in aktiver Immunisierung bestehen, oder in passiver Immunisierung oder in einer Kombination von beiden.

A. Aktive Immunisierung durch Einverleibung der Krankheitserreger oder deren Antigene.

Der Geimpfte stellt nach der Einbringung der Antigene selbst aktiv die Antikörper her. Dabei zeigen sich Reaktionserscheinungen, die sich bis zu erheblicher Krankheit steigern können. Der Impfschutz tritt erst nach 5—10 Tagen ein; dauert aber Monate bis Jahre.

a) Die älteste Methode der Schutzimpfung bestand in der absichtlichen Ansteckung Gesunder an Personen, welcher an einer ansteckenden Krankheit leicht erkrankt waren.

Man hatte die Erfahrung gemacht, daß schwere und leichte Erkrankungen in bezug auf die dadurch gewährte Immunität meistens gleichwertig sind. Außerordentlich leicht verlaufende Fälle von Scharlach, Masern, Abdominaltyphus, Cholera hinterlassen anscheinend einen ebenso vollen Schutz gegen die gleiche Krankheit, wie Erkrankungen der schwersten Art. Infolgedessen versuchte man z. B. in Epidemien von Masern und Scharlach, welche vorzugsweise aus leichten Fällen bestanden und in welchen also mutmaßlich ein wenig virulentes Kontagium die Erkrankungen bewirkte, gesunde Kinder mit den kranken absichtlich in Berührung zu bringen, damit dieselben durch das Überstehen der leichten Erkrankung einen Schutz akquirierten gegen etwaige schwere Formen derselben Krankheit.

b) Schutzimpfung durch absichtliche kutane oder subkutane Einimpfung der vollvirulenten lebenden Krankheitserreger.

Diese Schutzimpfung wurde in großem Maßstabe im vorigen Jahrhundert ausgeführt in der Form der Variolation gegen die Pocken (s. unten). — Den teilweise günstigen Effekt der Variolation kann man sich durch die An-

nahme erklären, daß die Krankheitserreger bei der kutanen Impfung ungünstigere Wucherungsbedingungen finden als auf den für gewöhnlich betroffenen Schleimhäuten, und daß dem Körper daher besser Gelegenheit gegeben ist, seine Schutzkräfte gegen die Krankheitserreger zu mobilisieren.

Die gleiche Wirkung ist bei solchen Krankheitserregern beobachtet, welche subkutan überhaupt nicht wuchern und von dort aus keine Allgemeininfektion des Körpers zuwege bringen, wie z. B. Cholerabazillen. Da aber auch nach der Einimpfung vorsichtig abgetöteter Kulturen jener Erreger die gleiche Wirkung beobachtet wird, verwendet man in der Praxis abgetötetes oder abgeschwächtes Material oder läßt wenigstens eine solche Impfung der Verwendung von lebender Kultur vorausgehen.

c) Schutzimpfung mit künstlich abgeschwächten lebenden Krankheitserregern. Die oft bedenklichen Folgen der Einimpfung vollvirulenter Erreger, und andererseits die Beobachtung, daß auch eine Ansteckung durch schwach wirkende Erreger vollen Schutz gegen nochmalige Erkrankung verleihen kann, mußte zu dem Bestreben führen, natürlich vorkommende, den Erregern ähnliche Bakterien, die als abgeschwächte Erreger angesehen werden konnten, zu verwenden bzw. künstlich für die Zwecke der Schutzimpfung abgeschwächte Erreger herzustellen. Letzteres wurde erzielt:

α) Von Pasteur durch begrenzte Einwirkung schädigender Mittel auf die virulenten Krankheitserreger; z. B. 15 Minuten dauernde Einwirkung von 52°, oder vierstündige Erwärmung auf 47°, oder sechstägige Erwärmung auf 43° usw.; oder durch Trocknen; oder durch verschiedenste chemische Mittel, Lösungen von Kaliumbichromat, Karbolsäure, Alkohol, Glyzerin usw.

Pasteurs erste Experimente betrafen die Hühnercholera. Zwei Vaccins, von denen der erste stärker, der zweite weniger abgeschwächt ist, werden den Hühnern in einem Zwischenraume von 12—15 Tagen eingeimpft. Die Tiere akquirieren hierdurch eine lokale Affektion, nach deren Überstehen sie gegen die Impfung mit virulenten Erregern der Hühnercholera immun sind. — Fernere Präventivimpfung betrafen den Milzbrand der Schafe und des Rindviehs, sowie den Schweinerotlauf und den Rauschbrand des Rindviehs. Das Verfahren bei diesen Seuchen ist dem vorgeschilderten ähnlich, gewöhnlich werden zwei Vaccins mit einer Pause von etwa 12 Tagen mittels Injektionsspritzen subkutan einverleibt.

Die praktischen Resultate sind bei manchen dieser Schutzimpfungen günstig, bei anderen weniger befriedigend, weil die Virulenz der Impfstoffe nicht gleichmäßig genug ist. Es kommt vor, daß die Tiere schon durch die Impfung schwer erkranken und sterben. Andererseits bewirken zu schwache Impfstoffe keinen genügenden Schutz. Ferner dauert der Impfschutz beschränkte Zeit, und die Impfung muß daher des öfteren wiederholt werden. — Über Pasteurs Schutzimpfung gegen Milzbrand s. Speziellen Teil.

β) Durch Züchtung der Krankheitserreger unter ungünstigen Lebensbedingungen; namentlich fortgesetzte künstliche Kultur auf totem Substrat, z. B. bei Rotz, Streptokokken, Pneumokokken usw. Der Grad der Abschwächung ist auch hier unsicher.

γ) Durch den Durchgang der für eine Spezies virulenten Krankheitserreger durch wenig empfängliche Tiere, wobei zuweilen eine relativ sichere und rasche Abstufung der Virulenz künstlich zu erreichen ist, während in anderen Fällen die Anpassung nur sehr allmählich zustande zu kommen scheint. Die Bazillen des Schweinerotlaufs töten z. B. Kaninchen nur ausnahmsweise und nach großen Dosen; nach einigen Passagen durch Kaninchen, bei denen die Erreger für diese virulenter werden, rufen sie beim Schwein nur leichte, aber immunisierende Erkrankung hervor. — Hierher gehört die Schutzimpfung bei Lyssa mit einem an Kaninchen angepaßten Virus, und bei Pocken durch den Pustelinhalt von Kuhpocken. Mit natürlich vorkommenden Abarten ist von Koch und Schütz, sowie von Behring Immunisierung von Rindern gegen Tuberkulose durch vom Menschen stammende Tuberkelbazillen versucht; ebenso von Friedmann Schutzimpfung gegen Tuberkulose beim Menschen durch sog. Kaltblüterbazillen. Näheres s. im Speziellen Teil.

d) Schutzimpfung durch abgetötete Krankheitserreger.

Die Art der Abtötung ist nicht gleichgültig; sie muß möglichst schonend sein, um die Antigene nicht zu zerstören. Einstündiges Erhitzen auf 50—60°, oder Erhitzen in völlig trockenem Zustande, oder Schütteln mit Chloroform bzw. Äther, sowie verschiedenste Chemikalien, wie Karbol, Glyzerin usw. haben sich bewährt. — Die subkutane Einspritzung, die einmal oder wiederholt mit Zwischenraum von etwa 5—10 Tagen vorgenommen wird, zieht örtliche Entzündungserscheinungen, Fieber, Abgeschlagenheit usw. nach sich; um so weniger, je schonender die Abtötung war. Angewendet z. B. gegen Typhus, Cholera, Pest (s. unten).

e) Schutzimpfung durch Bakterienextrakte.

Die spezifisch wirksamen Antigene lassen sich teilweise aus den Bakterienleibern der Kulturen extrahieren und von unwirksamen oder schädlichen Bestandteilen trennen. Am einfachsten gelingt diese Isolierung der Antigene bei den Bakterien, welche durch Ektotoxine wirken. Sie treten als leichtlösliche Stoffe in die Kultursubstrate über, wie bei Diphtherie-, Tetanusbazillen, Bac. botulinus. Injektion der bakterienfreien Filtrate führt bei geeigneten Tieren zu hochgradiger Immunität. Für den Menschen ist die aktive Immunisierung mit Toxinen im allgemeinen nicht

verwendbar, weil die Giftempfänglichkeit sehr verschieden und die Dosierung zu unsicher ist.

Um auch diejenigen wirksamen Bestandteile zu erhalten, welche nicht nach außen diffundieren, sondern in der Leibessubstanz der Bakterien enthalten sind, hat man die verschiedenen oben angeführten Verfahren verwendet.

Besonders bewährt haben sich: Autolyse der Bakterien; wäßriger Extrakt aus abgetöteten Bakterien; Schüttelextrakte mit Wasser oder Kochsalzlösung; Extrahieren durch Ammonsulfat, Kalilauge, Antiformin, Glyzerin und viele andere Chemikalien. Oder man gewinnt durch Erhitzen der Kultur auf 60° und Filtration „freie Rezeptoren"; oder die Aufschließung der Leibesbestandteile wird durch mechanische Zertrümmerung, durch Auspressen unter hohem Druck, durch Zerreiben nach dem Gefrieren erreicht. — Handelt es sich um aktive Immunisierung gegen Toxine, so sind die Kulturbedingungen von wesentlichem Einfluß; zur Beseitigung der lebenden Bakterienzellen ist statt des Filtrierens oft deren Abtötung z. B. durch Karbol, oder Ausschleudern empfehlenswert; oft auch noch eine Abschwächung der Toxine durch Erwärmen, JCl_3, Licht usw.

Erwähnt sei noch die zuerst von Metschnikoff verwendete Methode, vollvirulente Erreger in Säckchen aus Schilfhaut oder Kollodium in die zu immunisierenden Tiere einzuführen. Die in Berührung mit den tierischen Flüssigkeiten lebenden Parasiten sollen wirksamere Antigene bilden, als in künstlichen Kulturen; und die fortgesetzte Diffusion kleiner Mengen dieser Antigene soll besser immunisieren, als die zeitweise Einverleibung massiver Dosen. — Auch therapeutisch hat man abgetötete Bakterien oder Bakterienextrakte zu verwenden versucht, die während der Krankheit die Schutzkräfte des Körpers anregen und eine gewisse Immunität hervorrufen sollen (s. oben „Vaccinetherapie").

B. Passive Immunisierung durch Verwendung von Serum hochimmunisierter Tiere.

Durch fortgesetzte aktive Immunisierung von Tieren in geeigneten Abständen und unter Steigerung der Antigendosen lassen sich unter Umständen solche Konzentrationen von spezifischen Antikörpern im Serum der Versuchstiere herstellen, daß eine kleine Menge des Serums, nicht mehr als in einer Injektion subkutan einem Menschen einverleibt werden kann, hinreicht, um eine etwaige Invasion der betreffenden Krankheitserreger unschädlich zu machen. Die Übertragung solchen Immunserums mit fertigen Antikörpern ruft keinerlei Reaktion im geimpften Körper hervor; dieser verhält sich passiv und bildet selbst keine neuen Schutzkörper; aber es entsteht relativ rasch, jedenfalls innerhalb 24 Stunden, eine Immunität, die allerdings innerhalb einiger Wochen bis Monate wieder verschwindet und in diesem wichtigen Punkte erheblich hinter der aktiven Immunisierung zurücksteht. — Derartige Sera lassen

sich auch oft therapeutisch benutzen. Sie liefern ferner mehrfach wertvolle Hilfsmittel zur Diagnose der parasitären Erkrankungen.

Es sind zu unterscheiden 1. antitoxische Sera. Wirken ausschließlich durch Antitoxine, welche durch aktive Immunisierung geeigneter Tiere mit leichtlöslichen Ektotoxinen entstanden sind, Diphtherieantitoxin, Tetanusantitoxin, Botulismusantitoxin, Pyocyaneusantitoxin; ferner Ruhrserum (s. unten); Antitoxin gegen ein von Rauschbrandbazillen geliefertes Toxin (Grassberger und Schattenfroh); und das Pollantin (Dunbar), ein Antitoxin gegen das in den Pollen namentlich der Gramineen enthaltene, bei spezifisch disponierten Personen „Heufieber" hervorrufende Toxin.

Auch gegen Schlangengift sind von Calmette antitoxische Sera hergestellt, die prophylaktisch und kurz nach dem Biß gute Resultate zu geben scheinen. Da mit verschiedenen Giften (Neurotoxin namentlich bei den Kolubriden, z. B. bei der Kobraschlange, Hämorrhagien bei den Viperiden) gerechnet werden muß, sind polyvalente Sera zweckmäßig. — Der antitoxische Effekt der Sera wird anscheinend nicht nur dadurch gesteigert, daß man die toxischen Antigene möglichst aufzuschließen versucht, sondern auch dadurch, daß man diese den Versuchstieren durch intravenöse Injektion einverleibt (Besredka).

2. Antiinfektiöse Sera. Enthalten hauptsächlich Bakteriolysine, Bakteriotropine, auch Antiendotoxin, Antiektotoxin und Agglutinin. Werden durch Vorbehandlung mit Antigenen erhalten, die entweder aus löslichen Kulturprodukten gewonnen sind oder aus den frischen Leibern der Erreger. Zum Schluß der Vorbehandlung kann meist die Injektion lebender virulenter Erreger nicht entbehrt werden. — Über die Schwierigkeiten der Gewinnung hochwertiger Sera s. unter „Baktiriolysine". — In Gebrauch ist Ruhr-, Pest-, Streptokokkenserum, ferner Serum gegen Rinderpest, Schweineseuche Schweinerotlauf usw. Eine Schutzwirkung tritt häufig nur unvollkommen zutage, und es bedarf großer Serummengen. Therapeutisch sind, außer bei Ruhr, Milzbrand, Schweinerotlauf und Hühnercholera, befriedigende Resultate kaum zu verzeichnen. Wo kräftigere Schutzwirkung, namentlich aber meßbare heilende Wirkung hervortritt, da handelt es sich anscheinend um ein gemischtes Serum mit gleichzeitigem Gehalt an Antitoxinen (Gasbrandserum, Klose, v. Wassermann).

3. Agglutinierende und präzipitierende Sera; mittels Injektion abgetöteter Bakterien (lebende pflegen hier keine besseren Resultate zu ergeben) bzw. präzipitogener Substanzen gewonnen. Nur zu diagnostischen Zwecken. Über die Anwendungsweise bei

Cholera-, Typhus-, Pest-, Meningitisdiagnose s. im Anhang. — Über komplementbindende und anaphylaktisierende Sera s. oben.

C. Kombinierte aktive und passive Immunisierung.

Es liegt nahe, die Vorteile beider Immunisierungsmethoden zu vereinigen und ihre Nachteile erheblich zu verringern dadurch, daß man nacheinander in gewissen Intervall oder gleichzeitig (Simultanmethode) durch (evtl. abgeschwächte) Krankheitserreger aktiv und durch Serum immuner oder spezifisch immunisierter Tiere passiv immunisiert. Das Serum bewirkt, daß der Schutz sofort eintritt und daß die infolge der aktiven Immunisierung auftretenden Reaktions-(Krankheits)erscheinungen geringer werden; letztere gewährt dagegen eine erheblich längere Dauer des Impfschutzes. — Oder nach der „Mischungsmethode" werden Virus und Immunserum gemischt und dann injiziert; hauptsächlich in der Form, daß die durch Hitze abgetöteten Bazillen mit Immunserum versetzt werden und somit „sensibilisierte" Bazillen entstehen (Besredka). — Im allgemeinen sind die Schwierigkeiten, gleichmäßige Impfresultate zu erzielen, bei der kombinierten Methode relativ groß; Antigen und Antikörper müssen in richtigem Verhältnis stehen, und da beide leicht Schwankungen unterworfen sind, wird ein ungünstiges Überwiegen des einen oder anderen Bestandteils um so leichter eintreten.

Bewährt hat sich die kombinierte Methode bei einigen Tierkrankheiten: bei Schweinerotlauf (gleichzeitige Einimpfung von wenig abgeschwächten Bazillen und „Susserin"); bei Rinderpest (durch Galle der gefallenen Tiere, welche Antikörper und abgeschwächte Erreger nebeneinander enthält, mit eventueller Nachimpfung mit Rinderpestblut; oder nach der „Simultanmethode", virulentes Blut + Serum); neuerdings bei Milzbrand. Auch bei Maul- und Klauenseuche scheint ein Gemisch von wirksamer Lymphe aus den Blasen kranker Schweine mit Serum hochimmunisierter Pferde bzw. Rinder, dem später Lymphe allein folgt, guten Erfolg zu haben (Loeffler). Auch für menschliche Infektionskrankheiten, Pest, Typhus, Cholera ist kombinierte Impfung namentlich nach der Mischmethode vielfach versucht, nicht immer mit entsprechendem Erfolg.

Außer der „Serovaccination" kommt bei den durch Ektotoxine wirkenden Erregern als kombinierte Methode auch die „Serotoxinimpfung" in Betracht; die Giftlösungen werden mit antitoxinhaltigem Serum gemischt und dadurch abgeschwächt oder neutralisiert. Auch bei vollständiger Absättigung des Toxins durch Antitoxin kann im Körper eine beschränkte Trennung erfolgen. Smith, Babès u. a. haben das Verfahren für Diphtherie ausprobiert; auch bei Tetanus und Rauschbrand ist es anwendbar. v. Behring hat für die aktive Immunisierung von

Menschen gegen Diphtherie die kombinierte Methode empfohlen; anscheinend günstig sind die Ergebnisse bei Ruhr (s. im Speziellen Teil)

Trotz der guten Resultate mancher neuerer Immunisierungsverfahren dürfen wir nicht hoffen, alle oder auch nur die meisten Infektionskrankheiten ausschließlich durch Schutzimpfungen zu bekämpfen. Allgemeine Schutzimpfungen sind z. B. nicht angebracht bei Krankheiten wie Erysipel, Gonorrhöe, Pneumonie, die nach dem Überstehen der Erkrankung leicht rezidivieren oder bei solchen, wo nach völligem Erlöschen der Krankheit keine sichere Immunität zurückbleibt (Syphilis, Tuberkulose); ebensowenig bei Krankheiten, wo nur passive Immunisierung anwendbar ist und der Impfschutz zu kurze Zeit dauert. Bei wieder anderen parasitären Krankheiten, wie z. B. bei Cholera und Abdominaltyphus, sind die zur Verhütung der Übertragung geeigneten prophylaktischen Maßregeln relativ einfach und unter vorgeschrittenen Kulturverhältnissen leicht durchführbar; daher sind ausgedehnte Schutzimpfungen hier meist nicht in Betracht zu ziehen, wohl aber bei Personen oder Gruppen von Personen, welche der Ansteckung besonders exponiert sind (Pflegepersonal; Truppenteile im Kriege, Expeditionen in unzivilisierte Länder). Tritt in Orten oder Stadtteilen eine stärkere Häufung von Diphtheriefällen hervor, so kann es zweckmäßig sein, die Schulkinder in größerem Umfang zu immunisieren; fast stets wird es angezeigt sein, in den Familien, wo ein Diphtheriefall vorkommt, die Angehörigen und namentlich die übrigen Kinder mit Schutzimpfung zu versehen. — Ebenso ist beim Ausbruch von Pest mit Schutzimpfungen von Angehörigen, Ärzten, Krankenwärtern, Desinfekteuren usw. zu rechnen.

Für eine allgemeine, regelmäßige Impfung der ganzen Bevölkerung eignen sich dagegen bis jetzt nur die Pocken. Gegenüber dieser Krankheit versagen unsere sonstigen prophylaktischen Maßregeln so sehr, und die Impfung ist so gefahrlos und von so sicherer und langanhaltender Wirkung, daß sie hier unbedingt den rationellsten Schutz repräsentiert.

IV. Die örtliche und jahreszeitliche Disposition zu Infektionskrankheiten.

Bei näherer Betrachtung der im vorstehenden aufgezählten mannigfaltigen Infektionsquellen, Transportwege und Empfänglichkeitsgrade ergibt sich ohne weiteres, daß diese keineswegs bei jeder Ausbreitung einer Infektionskrankheit in gleicher Weis in Funktion treten werden, sondern daß vielfache Variationen — der Art, daß bald diese bald jene Infektionsquellen eine große Rolle spielen, während andere fehlen; daß

dieser Transportweg offen, jener verschlossen ist usw. — selbstverständlich sind. Demnach dürfen wir auch von vornherein keinerlei gleichmäßige Ausbreitung der Infektionskrankheiten erwarten, sondern müssen uns diese Ausbreitung als etwas so Wechselndes und oft von kleinlichen Zufälligkeiten Abhängiges vorstellen, daß weder eine hartnäckige Lokalisation, noch ein scheinbar unvermittelter Sprung der Krankheit, noch eine Pandemie auf einen neuen, außerhalb der stets beteiligten und bekannten Faktoren gelegenen Einfluß hindeutet.

Allerdings begegnen wir gewissen auffälligen Gesetzmäßigkeiten in der örtlichen und jahreszeitlichen Verbreitung mancher Infektionskrankheiten. Die eine Stadt bzw. das eine Land zeigt sich regelmäßig stärker ergriffen als das andere; gewisse Zeitabschnitte gehen mit einer besonderen Häufung von Krankheiten zusammen, andere mit einer Verminderung. Diese gesetzmäßigen Differenzen haben zur Annahme einer lokalen und jahreszeitlichen Disposition geführt, die ihren Grund in besonderen, von einer natürlichen Beschaffenheit der Örtlichkeit ausgehenden, jahreszeitlich wechselnden Einflüssen auf die Krankheitserreger haben soll, so daß nicht mehr der Kranke und die von ihm ausgehenden Infektionsquellen, sondern eben jene Beschaffenheit der Örtlichkeit für die Ausbreitung der Krankheit ausschlaggebend wird.

Örtliche Differenzen dieser Art beobachtet man zwischen den verschiedenen Klimaten. So ist das Gelbfieber an die tropische Zone gebunden, während umgekehrt Fleckfieber bei tropischer Wärme sich nicht verbreitet. In beiden Fällen werden indes nicht eigentlich die Krankheitserreger, sondern die zur Übertragung erforderlichen Stechmücken bzw. Kleiderläuse durch die klimatischen Verhältnisse beeinflußt. — Oft findet man aber auch innerhalb desselben Klimas starke Unterschiede der Frequenz, und dann angeblich vorzugsweise als Folge einer verschiedenen Bodenbeschaffenheit. Jahreszeitliche Schwankungen sollen teils mit besonderen Witterungsverhältnissen, teils wiederum mit wechselnden Bodenverhältnissen zusammengehen.

Es ist indes bereits früher gezeigt, daß auch die natürlichen Lebenssubstrate, insbesondere der Boden, nur ausnahmsweise geeignet sind, das Gedeihen und die Verbreitung der Infektionserreger zu beeinflussen. Jedenfalls werden wir daher diese Momente erst dann zu einer Erklärung örtlicher und zeitlicher Differenzen heranziehen dürfen, wenn einige andere bei dieser wechselnden Verteilung der Infektionskrankheiten sicher mitwirkende Faktoren zur Erklärung nicht ausreichen.

Nun ist es ganz zweifellos, daß die Verbreitung der Infektionsquellen, die Gangbarkeit der Transportwege und die individuelle Empfänglichkeit sich außerordentlich verschieden gestalten, je nach den Verkehrs-

verhältnissen eines Ortes und Landes, nach den Sitten und Lebensgewohnheiten, nach der Beschäftigungsweise, der durchschnittlichen Wohlhabenheit, nach den Wohnungs- und Ernährungsverhältnissen, endlich nach dem Grad der Durchseuchung der Bevölkerung; alle diese Momente lassen ausgeprägte Differenzen im Auftreten der Infektionskrankheiten als selbstverständlich erscheinen.

So sind Handels- und Verkehrszentren den Infektionsquellen exponierter als abgelegene Orte. Eine in überfüllten Wohnungen und in Fabrikräumen in steter enger Berührung lebende, schlecht genährte Bevölkerung gewährt ungleich bessere Bedingungen für die Ausbreitung der Infektionsquellen, als eine zerstreut wohnende, vorzugsweise im Freien beschäftigte, wohlhabende Bevölkerung. An dem einen Orte können gute Einrichtungen zur Entfernung der Infektionsquellen (Wasserleitung, Kanalisation, Schlachthäuser) bestehen, während in anderen Städten oder Ländern eine Reinhaltung der Wohnung, Kleidung und Utensilien von Infektionserregern auf viel größere Schwierigkeiten stößt. Selbst scheinbar bedeutungslose Einrichtungen und Gewohnheiten sind oft von erheblichem Einfluß.

Ebenso unterliegen die Transportwege örtlichen und zeitlichen Schwankungen. An einem Orte ist eine geeignete Krankenpflege eingerichtet, die Bevölkerung ist zu Reinlichkeit erzogen, die Nahrung wird sorgfältig zubereitet und in gekochtem Zustand genossen, für tadelloses Wasser ist Sorge getragen, während in anderen Ländern, Städten und Stadtteilen weniger gut vorgesorgt ist.

Auch die naürliche und die erworbene Disposition oder Immunität ist für die Verbreitungsweise der Infektionskrankheiten äußerst bedeutungsvoll. Oft zeigt eine ganze Bevölkerung eine durchschnittlich höhere Empfänglichkeit gegen vom Darm aus eindringende Infektionserreger, als die Bevölkerung einer anderen Stadt, weil schlechte Ernährung, Neigung zu Exzessen u. dgl. dort vorherrschen und die natürlichen Schutzvorrichtungen des Körpers schwächen. Das Erlöschen von Epidemien und ihr vorzeitiges Verschwinden ist vielfach auf die Durchseuchung und die dadurch erzielte Immunität eines Teils der Bevölkerung zurückzuführen. Überspringt eine Epidemie einzelne Bezirke, so erklärt sich dies oft daraus, daß vor nicht langer Zeit an dieser Stelle ein Hauptherd derselben Seuche bestanden hatte und daß zur Zeit der neuen Invasion wenig empfängliche Individuen vorhanden waren.

Jahreszeitliche Differenzen kommen in ähnlicher Weise zustande. Das Leben der Bevölkerung in der warmen Jahreszeit bietet durch den langen Aufenthalt im Freien, die Gelegenheit zum Baden, die Erleichterung der Reinigung von Wäsche und Wohnung weit weniger Chancen für die Ausbreitung gewisser Kontagien als der Winter. Eine bestimmte Jahreszeit äußert vielleicht auf die Frequenz gewisser Krank-

heiten dadurch Einfluß, daß in dieser Zeit die Gruben und Tonnen geräumt und die Fäkalien, und mit diesen Infektionserreger, vielfach verbreitet werden. Auch die Ernte von Nahrungsmitteln, die in oberflächlichem, mit menschlichen Exkrementen gedüngten Boden gewachsen sind, kann in demselben Sinne wirken. Ferner kommt die jahreszeitlich sehr wechselnde Menge der Insekten in Frage. Endlich veranlaßt die individuelle Disposition Differenzen der jahreszeitlichen Verbreitung, insbesondere liefern die in der warmen Jahreszeit grassierenden Verdauungsstörungen eine ausgesprochene Disposition für Typhus, Cholera und Ruhr.

Am wenigsten werden noch diejenigen Infektionskrankheiten, welche sehr kontagiös sind und stets über reichlichste Infektionsquellen und zahlreichste Transportwege verfügen, von Schwankungen betroffen werden, weil beim Fehlen der einen Infektionsgelegenheit immer noch andere Gelegenheiten zur Genüge vorhanden sind. Dennoch beobachtet man selbst bei den akuten Exanthemen, z. B. bei den Pocken, ausgeprägte gesetzmäßige Schwankungen infolge der jahreszeitlich wechselnden Lebensgewohnheiten. In weit stärkerem Grade müssen derartige Schwankungen hervortreten bei Infektionskrankheiten, wo die Infektionsquellen, die Transportwege, die Invasionsstätten beschränkt sind und nur bei einem gewissen Zusammenwirken äußerer Umstände eine weitere Ausbreitung der Infektion zustande kommt, wie z. B. bei Typhus, Cholera, Ruhr, Diphtherie, Pest, Genickstarre u. a. m.

Auch für diese Infektionskrankheiten liegt somit kein Anlaß vor, die Ursache der örtlichen und jahreszeitlichen Schwankungen in geheimnisvollen, am Boden haftenden Einflüssen auf das ektogene Leben der Krankheitserreger zu suchen.

Nur eine einzige menschliche Infektionskrankheit kennen wir bis jetzt, deren Auftreten wirklich an eine bestimmte Bodenbeschaffenheit einigermaßen gebunden ist, nämlich die Malaria; aber nur deshalb, weil der Zwischenwirt des Parasiten, Anopheles, nur auf einen geeigneten Boden gedeihen kann. Halten wir Kranke mit Malariaparasiten von solchem Boden fern, oder verhindern wir die Fortpflanzung von Anopheles, so vermag von dem „siechhaften“ Boden keine Malaria auszugehen.

Eine Bekämpfung der örtlichen und jahreszeitlichen Disposition kann daher nur in einem Vorgehen gegen die Infektionsquellen, gegen die Gangbarkeit der Transportwege und gegen die individuelle Disposition bestehen; und die darauf abzielenden Verfahren, im großen Maßstabe auf eine ganze Bevölkerung angewendet, müssen zu einer Verminderung der an betreffenden Orten beobachteten Frequenz der Infektionskrankheiten führen.

Die Mehrzahl dieser Maßnahmen erfordert allerdings von seiten der Kommunen eine fortgesetzte Arbeit und allmähliche Vorbereitung bereits in epidemiefreien Zeiten. Dafür sind aber auch diejenigen Städte, welche zielbewußt solche Arbeiten durchgeführt haben, in geradezu überraschendem Grade durch eine Verbesserung der Gesundheitsverhältnisse und durch eine Verminderung der Infektionskrankheiten belohnt worden.

Seitens der „Lokalisten" wird bei Typhus, Cholera, Gelbfieber usw. ausschließlich auf die Beseitigung der lokalen und zeitlichen Disposition im Sinne dieser Schule, d. h. auf eine Reinigung und Drainierung des Bodens, Wert gelegt. Die Beseitigung der kontagiösen Absonderungen, die Desinfektion usw. halten die Lokalisten für irrelevant und die dafür verausgabten Geldsummen für weggeworfen. Dagegen soll durch Kanalisation oder geregelte Abfuhr der Boden so weit von organischen Verunreinigungen befreit werden, daß er nicht mehr zur Entwicklung und Reifung der Krankheitserreger geeignet ist, oder es sollen die Feuchtigkeitsschwankungen des Bodens, die denselben zeitweise zu seiner wichtigen Funktion geeignet machen, durch Kanalisation oder Drainage beseitigt werden. — Es ist bereits mehrfach ausgeführt, daß diese Anschauungen mit unseren heutigen Kenntnissen über die Lebenseigenschaften der Krankheitserreger und mit unseren zweifellosen Erfahrungen über die Kontagiosität der in Rede stehenden Krankheiten durchaus im Widerspruch stehen. Es würde daher nicht zu verantworten sein, wollten wir im Vertrauen auf die Richtigkeit einer unbewiesenen und unwahrscheinlichen Hypothese jene gut begründeten und bewährten Maßnahmen gegen die Infektionskrankheiten unterlassen.

Außer den jahreszeitlichen Schwankungen zeigen viele Seuchen innerhalb längerer Zeiträume starke zeitliche Unterschiede der Frequenz im gleichen Lande. Bei Cholera, Influenza, Pest usw. beobachtet man jahrzehntelange Pausen; bei Diphtherie, Scharlach, Masern usw. wechseln Perioden hoher Frequenz mit solchen, die einen starken Rückgang zeigen. Für diese Schwankungen kommt teils der jeweilige Stand der hygienischen Maßnahmen in Betracht, deren Förderung durch gute Wasserversorgung, Städtereinigung, persönliche Reinlichkeit, Schutzimpfungen usw. eindämmend wirkt, deren Verschlechterung verschwundene Seuchen wieder aufleben lassen kann (Fleckfieber im Kriege). Außerdem aber ist für diese Frequenzbewegung die persönliche Empfänglichkeit oft von ausschlaggebender Bedeutung. Die wellenförmige Bewegung, welche Seuchen wie Diphtherie, Scharlach und Masern in ihrem zeitlichen Auftreten in Deutschland zeigen, wird offenbar beherrscht von der Zahl der einer Ansteckung exponierten Personen und von dem „Kontagionsindex", d. h. der Ziffer, welche erkennen läßt, wie oft unter den exponierten Personen tatsächlich Erkrankung erfolgte. Die Diphtheriekurve z. B. kommt dadurch zustande, daß in allmählichem treppenförmigem Ansteigen weniger empfängliche Lebensgenerationen von immer höher empfänglichen gefolgt werden,

bis ein Gipfel erreicht ist, von welchem ab wieder weniger empfängliche Generationen folgen, so daß Absinken der Kurve eintritt (Gottstein).

Literatur: 1. Lehr- und Handbücher der Bakteriologie: C. Flügge (mit Kruse u. a.), Die Mikroorganismen, 3. Aufl. 1896. — Kruse, Allgemeine Mikrobiologie, 1910. — Lehmann und Neumann, Grundriß der Bakteriologie, mit Atlas. 5. Aufl. 1912. — Heim, Lehrbuch der Bakteriologie (bes. Methodik), 5. Aufl. 1918. — Kruse, Einführung in die Bakteriologie, 1920.

2. Lehrbücher der Protozoenkunde: Bütschli, Protozoen, 1882. — Balbiani, Leçons sur les sporozoaires, 1884. — v. Wasielewski, Pathogene tier. Paras., in Rubner-Grubers Handb. d. Hyg. 1913. — Doflein, Lehrbuch der Protozoenkunde, 3. Aufl. 1911. — Braun, Die tierischen Parasiten des Menschen, 4. Aufl. 1908. — v. Prowazek, Handb. d. path. Protoz. 1911 ff. — Neumann und Mayer, Atlas und Lehrbuch wichtiger tierischer Parasiten usw. 1914. — Hartmann und Schilling, Die pathogenen Protozoen, 1917.

3. Speziell für pathogene Mikroorganismen: Kolle und Wassermann, Handbuch der pathogenen Mikroorganismen, 2. Aufl., 8 Bände, 1912 ff. — Kolle und Hetsch, Die experimentelle Bakteriologie und die Infektionskrankheiten, 5. Aufl., Wien 1919. — Gotschlich und Schürmann, Leitfaden der Mikroparasitologie, 1920. — Friedberger und Pfeiffer, Lehrb. der Mikrobiologie, 1919. — Unentbehrliche Nachschlagewerke, auf die auch bezüglich der Literatur zu den im Speziellen Teil aufgeführten einzelnen parasitären Krankheiten verwiesen werden muß. — Mense, Handbuch der Tropenkrankheiten, 2. Aufl. 1914. — Baumgarten, Jahresbericht über die Fortschritte in der Lehre von den pathog. Mikroorg., von 1885 an.

4. Epidemiologie: Hirsch, Handbuch der histor.-geogr. Pathologie, 1881 ff. — Gottstein, Allgemeine Epidemiologie, 1897. — Die Periodizität der Diphtherie, 1903. — Ewald, Soziale Medizin (Seuchenlehre), 1911. — Müller, Vorles. über allg. Epidemiologie, 1914.

5. Immunität: Metschnikoff, L'Immunité, 1901. — Ehrlich, Gesammelte Arbeiten zur Immunitätsforschung, 1904. — Wright, Studien über Immunisierung, 1909. — v. Wassermann, Hämolysine usw., 1910. — Müller, Vorlesungen über Infektion und Immunität, 4. Aufl. 1913. — Derselbe. Technik der serodiagnostischen Methoden, 3. Aufl. 1910. — Friedemann, Taschenbuch der Immunitätslehre, 1910. — Citron, Methoden der Immunodiagnostik, 1910. — Kraus-Levaditi, Handbuch der Immunitätsforschung, 2. Aufl. 1914 ff. — Dieudonné, Immunität usw., 7. Aufl. 1911. — Marx, Die exper. Diagnostik usw. 1914. — W. Rosenthal, Tierische Immunität, 1914 (klare, kritische Darstellung des gesamten Gebietes). — Zusammenfassende Referate von Sachs, Metschnikoff u. a. in Lubarsch und Ostertag, Ergebnisse usw., 1905, 1906 usw.

Verbreitungsweise und Bekämpfung der einzelnen parasitären Krankheiten.

A. Schimmelpilze als Erreger von Mykosen.

Von den zahlreichen Familien der Schimmelpilze seien hier nur einige Arten angeführt, die beim Warmblüter zu parasitieren vermögen. Ausgeschlossen von dieser parasitären Existenz sind alle Pilze, welche bei einer Temperatur von 37° bereits verkümmern und absterben. Es gibt aber einige zum Teil weit verbreitete Arten, welche bei Körpertemperatur gut gedeihen, und unter diesen können manche (nicht etwa alle, so daß die Temperatur allein offenbar nicht ausschlaggebend ist) im lebenden Warmblüter wuchern.

Penicillium. An der Spitze der Fruchthyphen tritt ein Quirl von Ästen pinselförmig hervor, und diese tragen Ketten von kugeligen Sporen. P. glaucum,

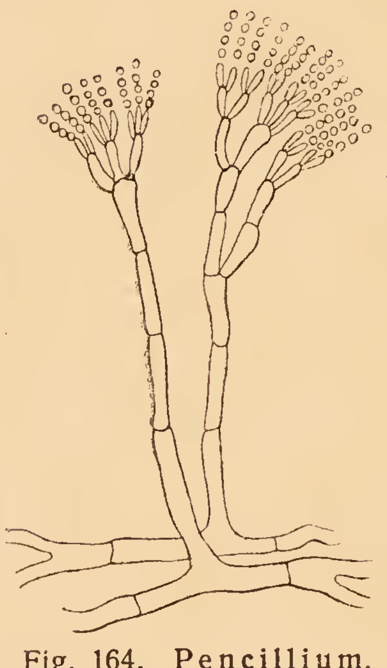


Fig. 164. Pencillium. 200:1.

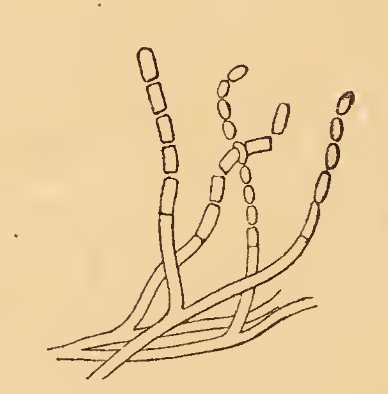


Fig. 165. Oïdium lactis. 200:1.

der gemeinste Schimmelpilz. Wuchert selbst in destilliertem Wasser, in vielen Arzneien usw. Flockiges weißes Mycel, nach der Sporenbildung grün. Wächst am besten bei 15—20°, verkümmert bei 38°. Massenhaft in ranziger Butter, im Roquefortkäse usw. — P. brevicaule, wächst gut auf Brotbrei. Sporen farblos. Bringt man in die Kultur eine Spur arsenhaltiger Flüssigkeit, so entsteht nach Knoblauch riechendes flüchtiges Diäthylarsin, so daß in dieser Weise kleinste Mengen Arsen nachgewiesen werden können. — P. minimum, gelegentlich im äußeren Gehörgang des Menschen schmarotzend.

Oïdium. Als Meltau auf lebenden Pflanzen parasitierend; zahlreiche Arten; oft nur die Oïdienfruktifikation von Arten, die unter anderen Bedingungen Sporen bilden. — Auf totem Substrat namentlich O. lactis, Milchschimmel, Mycel und Sporen weiß. Kurze aufrechte Fruchthyphen mit endständiger Kette von walzenförmigen „Sporen". Findet sich regelmäßig auf saurer Milch. Gedeiht zwischen 19 und 30° am besten, fängt bei 37° an zu verkümmern. — Äußerlich ähnlich sind die unten genannten Erreger der Dermatomykosen des Menschen und des Soor.

M u c o r. Familie von zahlreichen Arten. Sporenbildung in Sporangien, die anfangs farblos sind, später meist braune oder schwarze Farbe annehmen. Fruchtträger bei manchen Arten 10—20 cm lang. Die Sporangienhülle platzt leicht, schon bei Berührung mit Wasser, und läßt die Sporen hervorquellen. Am häufigsten kommen saprophytisch und bei niederer Temperatur vor M. mucedo und M. racemosus. Tierpathogen sind M. corymbifer, M. rhizopodiformis, M. ramosus, M. pusillus; M. stolonifer wächst zwar auch bei 37 °, ist aber nicht pathogen.

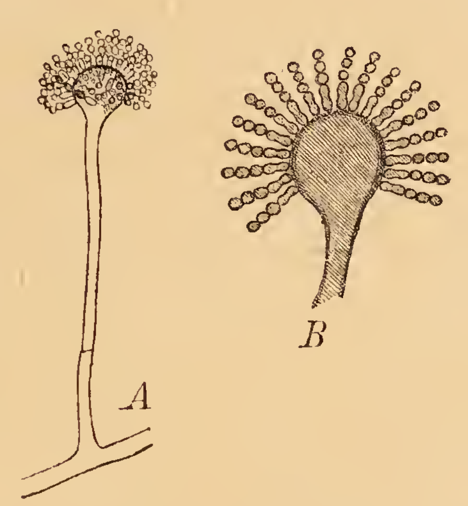


Fig 166. Aspergillus. A Fruchtträger mit Sporen 150:1. B Schematischer Durchschnitt des Fruchtträgerkopfs mit Sterigmen und Sporen 300:1.

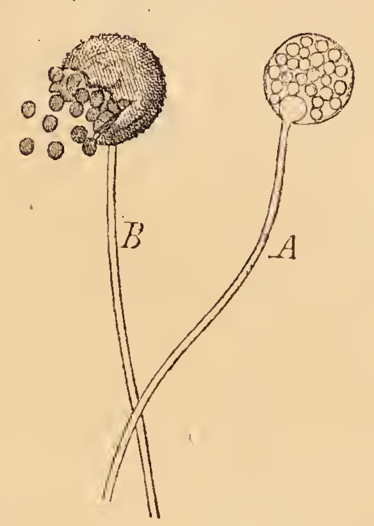


Fig. 167 Mucor mucedo. 200:1. A Unreifes, B reifes, platzendes Sporangium.

A s p e r g i l l u s. Bildet Fruchtträger, welche an der Spitze kugelförmig angeschwollen sind, auf dieser entwickeln sich kurze Stiele (Sterigmen) und dann erst die Ketten von runden Sporen (die Eurotium-Fruktifikation kommt für gewöhnlich nicht zur Beobachtung). Das Mycel ist anfangs weiß, nach Eintritt der Sporenbildung je nach der Spezies gelb, grün, schwarz usw. A. glaucus, gelbgrün, gedeiht am besten bei 10—12 °, findet sich in Kellern, an feuchten Wänden, auf eingemachten Früchten usw. — Bei höherer Temperatur gedeihen und beim Warmblüter können parasitieren A. fumigatus, A. flavescens, A niger u. a.

Injiziert man Kaninchen Sporen der genannten tierpathogenen Pilze (nam. Asp. fumigatus) in die Blutbahn, so gehen die Tiere bei ausreichender Dosis (kleine Mengen Sporen werden von Leukozyten umzingelt und dadurch am Auskeimen gehindert) zugrunde und zeigen wuchernde Mycelien, namentlich in den Nieren, bei Aspergillussporen auch in Leber, Herz usw. — Auch eine n a t ü r l i c h e Infektion bei Warmblütern kommt nicht selten vor, besonders bei Vögeln. Hauptsächlich erfolgt hier der Eintritt der Sporen durch Inhalation, und es entsteht eine ausgebreitete Bronchopneumomykose.

Beim Menschen kommen ebenfalls, wenn auch seltener, Ansiedlungen dieser Schimmelpilze vor. Mehr als 50 Beobachtungen von B r o n c h o m y k o s e n liegen vor, ein Fall von allgemeiner, vermutlich vom Darm ausgegangener, Mykose. Häufig sind O t o m y k o s e n durch Ansiedlung im äußeren Gehörgang; selten K e r a t o m y k o s e n auf der Kornea. Die hier gefundenen Pilze sind hauptsächlich die genannten Mucor- und Aspergillusarten.

Sporen der letzteren sind sehr verbreitet. Läßt man an beliebigem Orte sterile Kartoffelscheiben mit der freien Luft eine Zeitlang in Berührung und setzt dann die Kartoffeln in den auf 37 ° geheizten Brütofen, so erhält man fast ausnahmslos eine oder mehrere thermophile Schimmelpilzarten. Man könnte daraus eine große Gefahr für die Warmblüter ableiten. Diese besteht indes nicht, weil erst eine größere Zahl von Sporen dazu gehört, um Krankheitserscheinungen im Innern des Körpers auszulösen. Größere Mengen Spoen finden sich aber nur da, wo unter natürlichen Verhältnissen eine Wucherung der Pilze erfolgt; und diese ist geknüpft an ganz abnorm hohe Temperaturen, wie wir sie höchstens in oberflächlichem besonnten Boden, auf Dünger- und Miststätten finden. Von hier aus scheinen namentlich Vögel sich zu infizieren, und zuweilen werden von diesen Stellen aus auch ländliche Arbeiter einer Bronchopneumomykose ausgesetzt sein.

Ferner kommen beim Menschen (zum Teil auch bei Tieren) Dermatomykosen häufig vor, die durch mehrere untereinander verwandte, polymorphe, den Oïdienarten entfernt ähnliche Pilze bedingt sind. Sie bilden in den Kulturen Luftmycelien mit Ektosporen und Versporung des Mycels (Oïdienbildung, s. S. 528).

Man unterscheidet als parasitäre Erkrankungen, die von Mensch zu Mensch (eventuell von Tier zu Mensch) übertragen werden, 1. Favus; gelbe Schüsselchen und Pilzborken um die Haare der Kopfhaut bildend. Mikroskopisch Mycelhaufen und doppelt konturierte ovale oder rechteckige Sporen, am Rande glänzende Fäden mit keuligen Anschwellungen. Unterschieden werden nach dem Aussehen auf Agarkulturen zwei Typen, der Wachstypus und Flaumtypus. 2. Mikrosporie; M. Audouini, fast nur bei Kindern; Schulepidemien; auf Tiere nicht übertragbar. M. lanosum, nur in einzelnen Familien, wenig kontagiös, auf Meerschweinchen übertragbar, am Kopfhaar von Kindern. 3. Trichophytie; Tr. megalosporon an Kopf, Bart, Nägeln, auf behaarter Haut in Form des Herpes tonsurans; auf Meerschweinchen verimpfbar; hinterläßt hier Immunität. Bei erkrankten Menschen tritt eine der Tuberkulin-Reaktion analoge, diagnostisch und therapeutisch verwertbare Trichophytie-Reaktion auf. — Daneben sind häufig saprophytische, durch verbreitete Pilze hervorgerufene Dermatomykosen, welche nur oberflächlich auf den äußersten Epidermisschichten sich ausbreiten und für deren Entstehung wesentlich die Disposition entscheidend ist, nämlich: Pityriasis versicolor, Erythrasma. — Eine exakte Differenzierung dieser polymorphen Pilze stößt auf große Schwierigkeiten. Näheres s. in den dermatologischen Lehrbüchern.

B. Actinomyceten als Parasiten.

Der Hauptvertreter der Actinomyceten ist der Actinomyces oder Strahlenpilz.

Bewirkt beim Menschen die verschiedenartigsten Abszesse und Eiterungen und wird besonders häufig beim Rindvieh als Ursache von Abszessen und Auftreibungen in Zunge und Kiefer beobachtet. Im Eiter derartiger Abszesse findet man gelbe Körnchen, die auf leichten Druck in einzelne Pilzrasen zerfallen. Letztere bestehen aus hyphen-

ähnlichen, gablig verzweigten Fäden, die von einem Zentrum radiär ausstrahlen und nach der Peripherie zu in keulenartige Anschwellungen auslaufen. Innerhalb des Fadengeflechts finden sich kokkenähnliche Körnchen, welche Sporen zu sein scheinen. Die Kolben sind als Degerationsformen anzusehen. Färbung nach Gram (Kolben Gram-negativ). — Zuweilen findet man Actinomycesdrusen in den Krypten der Tonsillen, ohne daß Krankheitserscheinungen sich daran knüpfen.

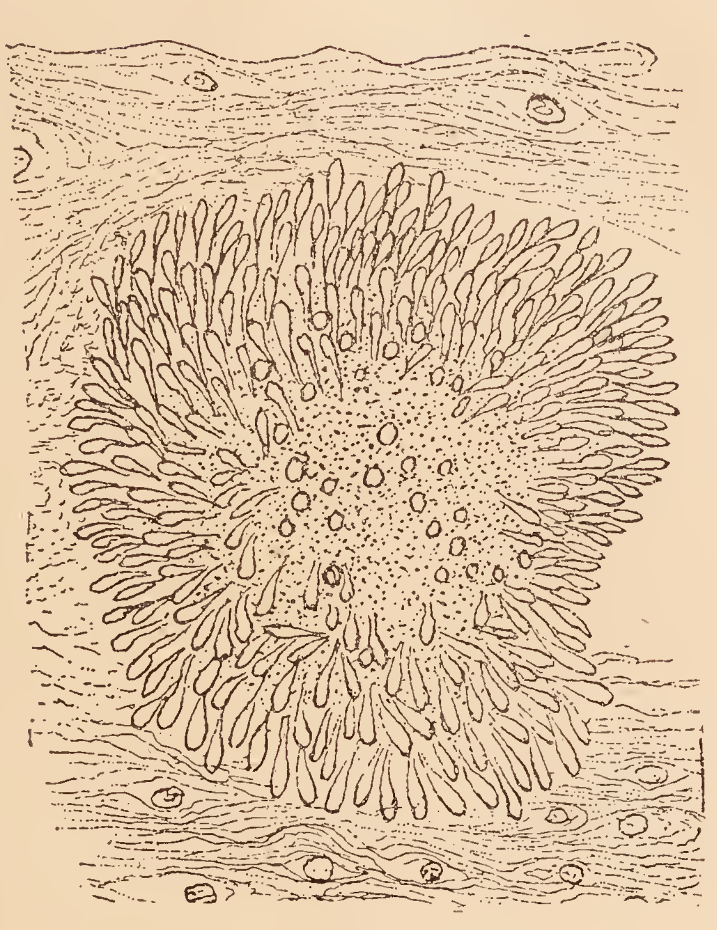


Fig. 168. Actinomyces. 700:1.

Der Pilz scheint auf Gräsern und Zerealien vorzukommen und häufig mit Getreidegrannen in den Körper einzudringen. Als Eintrittspforten betrachtet man vorzugsweise Verletzungen der Mundschleimhaut und kariöse Zähne, ferner die Lunge, wesentlich nach Aspiration von Keimen aus der Mundhöhle; in selteneren Fällen den Darm oder Verletzungen der Haut.

Kulturen gelingen zuweilen auf den verschiedensten Substraten, auf Agar, Blutserum, Kartoffeln und in Bouillon; häufiger sind die Kulturversuche erfolglos. Fortzüchtung gelingt leicht. In den Kulturen nur feine verästelte Fäden in dichtem Geflecht. Impfversuche an Tieren hatten noch kein unzweifelhaftes Ergebnis. — Bemerkenswert ist, daß Kulturen von Tuberkelbazillen, von den diesen verwandten säurefesten Bakterien, und von Rotzbazillen nach gewisser Einverleibung in Tiere, z. B. Injektion in die Niere, Bildungen liefern, die dem Strahlenpilz gleichen.

Actinomyces Israeli (anaërobe Abart des Actinomyces). Aus einigen Fällen von Aktinomykose beim Menschen isoliert. Wächst nur anaërob auf Agar, in Eiern usw. Zeigt in den Kulturen vorzugsweise Stäbchen, die den Diphtheriebazillen ähnlich sind. Durch intraperitoneale Übertragung dieser Kulturen konnten bei Kaninchen und Meerschweinchen Tumoren mit Actinomycesdrusen hervorgerufen werden. — Ferner ist unter den pathogenen Streptothrichen zu erwähnen: Actin. Madurae, Erreger des sog. „Madurafußes", einer lokalen Entzündung mit Fisteln, aus denen gelbe und schwärzliche, aus starkverzweigten Pilzfäden bestehende Körnchen entleert werden. Kultivierbar. — Auch

bei Lungenerkrankungen ist die Ansiedlung von Actinomyceten mehrfach beobachtet.

C. Sproßpilze als Parasiten.

1. Erreger von Soor, Schwämmchen. Weiße Plaques an der Innenseite der Wangen, Zungenspitze und weichem Gaumen; sekundär in Nase, Mittelohr usw. Häufig bei Säuglingen; ferner bei Greisen, Geschwächten. Bei künstlich genährten Säuglingen nicht selten tödlicher Verlauf. Nicht übertragbar auf die gesunde menschliche Schleimhaut; auf tierische Schleimhaut (Kropf von Tauben) erst nach Schwächung (Hungern und Dursten) der Tiere.

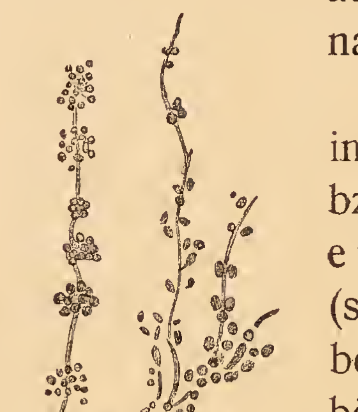


Fig 169. Soorkultur. 250:1.

Als Erreger kommen zwei Varietäten eines Pilzes in Betracht, dessen Zugehörigkeit zu den Schimmelbzw. zu den Sproßpilzen noch zweifelhaft ist; die erste, häufigere, bildet Mycelfäden und Sprossungen (s. Fig. 171); in den Sproßzellen endogene Sporen, bei dieser Varietät relativ groß. In einfachen Nährböden und bei Sauerstoffzutritt vorwiegend Hefewachstum, auf zucker-, dextrinhaltigen Nährsubstraten und bei Sauerstoffmangel mehr Fadenbildung — Die zweite Varietät bildet kleinere Sporen und wächst etwas abweichend (Fischer und Brebeck). — Bei Kaninchen läßt sich durch intravenöse Injektion tödliche Soormykose erzeugen. Durch entsprechende Vorbehandlung können die Tiere aktiv immunisiert werden; im Blut spezifisches Agglutinin.

2. Sporotrichon Schenkii, erzeugt die weit verbreitete Sporotrichosis, chronische Erkrankung, bei welcher in der Haut oder im Pharynx, Larynx usw. kleine harte Knoten entstehen, die nach 1—2 Monaten aufbrechen und Fisteln bilden. Syphilitischen und tuberkulösen Prozessen ähnlich; aber Allgemeinbefinden wenig gestört. Im Eiter reichliche Sproßzellen. Kultur auf Maltoseagar; schwarze Warzen aus Mycel mit Konidien und Sprossungen Bei Ratten nach intraperitonealer Injektion multiple Abszesse, namentlich in den Hoden. Im Serum Agglutinin.

3. Erreger von Granulomen. 1894 hat Busse aus einem Knochenabszeß eine Sproßpilzart gezüchtet, welche bei Mäusen und Ratten myxomartige Verdickungen im Fettgewebe, sowie Herde in Lunge, Niere usw. hervorrief. Mikroskopisch zeigten sich die Sproßpile im Gewebe von dicken Kapseln umgeben.

Später sind, namentlich von Sanfelice, weitere tierpathogene Sproßpilze gefunden, darunter Saccharom. lithogenes (mit häufigen Verkalkungen im Gewebe), Saccharom. neoformans u. a. m. Mit diesen Hefen wurden Tumoren erzeugt, welche aber nicht als maligne

Sarkome oder Karzinome, sondern als chronische Granulome anzusehen sind.

D. Spaltpilze als Parasiten.

Eine nach provisorischen Merkmalen (s. oben) aufgestellte Systematik ergibt folgende Übersicht der hygienisch interessierenden Arten (ohne Anspruch auf Vollständigkeit):

I. Coccaceae, Kokken.

A. Streptococcus: Wachstum in einer Richtung; nach Gram färbbar. Meist spärliches Wachstum in Kulturen. Unbeweglich.

1. Typus des Diplococcus; in manchen Substraten nur Diplokokken, in anderen (namentlich Bouillon) kurze Ketten bildend. Kokken rund oder lanzettförmig. Pathogen: Diploc. lanceolatus capsulatus (Pneumococcus).
2. Typus des Streptococcus. In Bouillon meist längere Ketten bildend. Häufig in Milch, Käse usw.; in Abwässern von Zuckerfabriken (Froschlaichpilz). Pathogen: Str. pyogenes s. pathogenes.

B. Sarcina: Zellen teilen sich in drei Richtungen des Raums, bilden Pakete. Nach Gram färbbar. Wachstum auf festem Substrat meist als trockene Häufchen. Oft farbig. In Flüssigkeiten mehrere Arten beweglich und geißeltragend. Zahlreiche Arten, z. B. S. alba, flava, aurantiaca, fulva, rosea. Häufig im Luftstaub. Mehrere Arten auch im Mageninhalt.

C. Micrococcus: Zellen teilen sich unregelmäßig in verschiedenen Richtungen,

1. Typus Diplococcus. Meist breite Kokken, nicht nach Gram färbbar, oft schwer züchtbar. Micr. catarrhalis, häufig im Schleim der Nase. Pathogen: Micr. gonorrhoeae; Micr. intracellularis meningitidis.
2. Typus Tetragenus. Kokken bleiben nach der Teilung zu vieren vereinigt; Kapselbildung. Nach Gram färbbar. Üppig wachsend. M. tetragenus.
3. Typus Staphylococcus. Regellose Haufen bildend. Reine Kugelform. Grampositiv. Leicht wachsend. Weiß oder farbig. M. candicans, aurantiacus, flavus, roseus usw. Pathogen: Staphyl. pyogenes.

II. Bacillaceae, Bazillen.

A. Familie Bacillus, Bazillen, welche endogene Sporen bilden.

1. Gruppe: Heubazillen. Meist große Bazillen, sehr verbreitet; auffällig widerstandsfähige Sporen. Wachsen üppig in Form dicker Häute. Einzelne liefern heftig wirkende Endotoxine.
2. Gruppe: Milzbrandbacillus.
3. Gruppe: Anaërobe Sporenbildner. Buttersäurebazillen. Pathogen: Bac. botulinus; Bac. des Rauschbrandes, Bac. des malignen Ödems, Gasbrandbazillus, Bac. des Tetanus.

B. Familie Bakterium; ohne endogene Sporenbildung.

1. Gruppe: Proteus. Beweglich; meist gramnegativ; Form wechselnd. Fast stets im Anfang der Fäulnis; gelegentlich pathogen durch Toxinwirkung, s. Fleisch- und Fischvergiftung.

2. Gruppe: Fluoreszierende und pigmentbildende Bazillen. Meist kleine Bakterien, erzeugen Pigment in der Kolonie (z. B. rot = B. prodigiosus) oder grünliche Fluoreszenz in der Umgebung der Kolonien auf Gelatine, mit oder ohne Verflüssigung. Gramnegativ. Viele verbreitete Arten; häufig in Wasser; auch phosphoreszierende Arten.
3. Gruppe: Kolibakterien. Bakterien mittlerer Größe, gramnegativ, beweglich und geißeltragend. Auf Nährgelatine meist Häute ohne Verflüssigung bildend. — Stets im Dickdarminhalt. Harmlose, aber auch pathogene Arten; nahestehend: Bac. typhi; B. paratyphi usw.
4. Gruppe: Aërogenes-Bakterien. Ähnlich den vorigen, aber unbeweglich. B. der Milchsäure-, der Essiggärung usw. Einige Arten harmlose Darmbewohner, andere pathogen, z. B. der B. der Ruhr.
5. Gruppe: Bazillen der hämorrhagischen Sepsis. Kurze Bazillen, an den Polenden färbbar, gramnegativ, unbeweglich, Gelatine nicht verflüssigend. Vorzugsweise Parasiten. B. der Pest. B. der Kaninchensepsis, der Wildseuche, der Hühnercholera usw. Oft Übergänge zur 3. und 4. Gruppe.
6. Gruppe: Influenzabacillus. Sehr kleine Bazillen, gramnegativ, wachsen nur auf hämoglobinhaltigem Nährsubstrat.
7. Gruppe: Rotlaufbacillus. Sehr feine schlanke Bazillen, in Gelatine feine Fäden bildend ohne Verflüssigung; grampositiv. B. des Rotlaufs der Schweine; B. der Mäuseseptikämie.
8. Gruppe: Rotzbacillus. Schlanke, sporenfreie, gramnegative Bazillen. B. des Rotzes.
9. Gruppe: Diphtheriebacillus. Keilförmige, grampositive Bazillen, ältere Indiv. Keulen bildend oder zerfallend. B. diphtheriae; B. der Pseudodiphtherie; B. der Xerose.
10. Gruppe: Tuberkelbacillus. Sporenfreie, schlanke Bazillen, „säurefest", langsam wachsend, in Kulturen schleimige oder trockene faltige Häute. B. tuberculosis des Menschen, der Rinder, der Vögel, der Kaltblüter; in Milch, Wasser, auf Gräsern usw. vorkommend verwandte Arten.

Die Bazillen der drei letzten Gruppen werden, weil sie verästelte Fäden bilden können, von manchen Autoren unter den Actinomyceten beschrieben.

III. Spirillaceae, Spirillen.

A. Familie Vibrio. Kurze, starre, kommaartig gekrümmte Zellen, zuweilen in schraubenartigen Verbänden. Eine (selten zwei) endständige Geißel. Gramnegativ. Zahlreiche saprophytische Arten namentlich aus Wasser, auch aus Käse, Erde, Darmschleim usw. Pathogen: V. cholerae; V. Metschnikovii.

B. Familie Spirillum. Zellen lang, korkzieherartig, starr; Geißelbüschel. Gramnegativ. Verschiedene Arten in Faulflüssigkeiten, Kot usw. Sp. rubrum, tenue, Undula, Rugula, volutans (2—3 μ dick, 30—40 μ lang!).

C. Familie Spirochaete. Biegsame, zugespitzte, spiralig gewundene Fäden. Von den meisten Autoren jetzt den Protozoen zugerechnet, s. dort.

In der folgenden Beschreibung der einzelnen pathogenen Spaltpilze sind zuvörderst die morphologischen und biologischen Eigenschaften des

Erregers geschildert, dann der Verlauf des Tier- oder Menschenexperiments; darauf die natürliche Verbreitungsweise, abgeleitet teils aus den Fundorten der Erreger, teils aus den epidemiologischen Beobachtungen; schließlich die Bekämpfung der Infektionsquellen, der Infektionswege und der individuellen Disposition.

1 Staphylococcus pyogenes.

Der häufigste Eitererreger, wird in mehr als 50% aller eiternden Wunden, Abszesse usw. gefunden. Fast regelmäßig als einzige Bakterienart in Aknepusteln, Furunkeln, Panaritien, Phlegmonen; ferner bei Ekzemen; bei Osteomyelitis; in vielen Fällen von Sepsis und Pyämie (Puerperalfieber). In Mischinfektionen oft neben Tuberkelbazillen, Actinomyces, Diphtheriebazillen, in Pockenpusteln usw.

Im mikroskopischen Präparat findet man kleine, unter 1 μ messende, in regellosen Haufen (Trauben, daher Staphylococcus) liegende Kokken; Grampositiv. — Wächst leicht auf Gelatineplatten; oberflächliche Kolonien verflüssigen die Gelatine (eiweiß- und leimlösende Fermente), bewirken Einziehungen und Löcher mit steilen Rändern. Auf Kartoffeln üppiger Belag; in Milch reichliches Wachstum unter Gerinnung (starke Säurebildung).

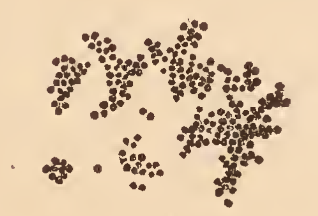


Fig. 170. Staphylococcus pyogenes. Kulturpräparat. 800:1.

Auf Kulturflächen, welche der Luft ausgesetzt sind, bilden die pyogenen Staphylokokken oft Farbstoffe (mit Alkohol, Äther usw. extrahierbar). Aus Eiterungen wächst meist der St. pyog. aureus mit goldgelber Farbe; selten der St. pyog. citreus mit zitrongelber Farbe; häufig treten als Begleiter pigmentfreie Kolonien des St. pyog. albus auf. Letzterer wird besonders häufig von normaler Haut und Schleimhaut erhalten; selbst in tieferen Hautschichten ist er vorhanden. Wasser, Luft, Staub liefern gleichfalls öfter weiß, selten farbig wachsende Staphlokokken. Diese dürfen nicht ohne weiteres als den pyogenen Stämmen gleichwertig angesehen werden (s. unten).

Für kutane Übertragung der Kulturen sind Versuchstiere ungeeignet. Bei intraperitonealer Einverleibung (Kaninchen) entsteht eiterige Peritonitis; am sichersten gelingt Tierinfektion durch intravenöse Injektion; selbst kleine Dosen verursachen Kokkenherde in Nieren und Herzmuskel, Tod meist durch embolische Nephritis. Werden nach intravenöser Injektion schwacher Dosen Knochen der Tiere gebrochen oder gequetscht, so entsteht Osteomyelitis. — Beim Menschen führen Einreibungen auf die normale Haut zu Aknepusteln, Furunkeln und Phlegmonen.

Die Effekte im Tierkörper sind zum großen Teil Folge der Toxine, welche der Pilz produziert. Diese bestehen 1. in einem Hämolysin, das die Erythrozyten energisch auflöst. In vitro nachweisbar, am besten mit filtrierter Bouillonkultur, die 10—14 Tage alt ist. 2. Leukolysin (Leukozidin); die Leukozyten erleiden blasige Degeneration und Kernschwund. Ebenfalls in vitro demonstrabel durch die bioskopische Methode (M. Neisser): Frische Leukozyten werden mit einer schwachen Methylenblaulösung und Leukozidin in fallenden

Mengen versetzt; lebende Leukozyten reduzieren das Methylenblau zu einer Leukoverbindung, in den mit ausreichend Leukozidin versetzten Gläsern bleibt die blaue Farbe bestehen. 3. Nekrotisierende Gifte, welche Gewebszellen, namentlich in der Niere (Nephrotoxin) und im Unterhautbindegewebe, zerstören. 4. Die schwach toxischen aber stark Leukozyten anlockenden Bestandteile der Bakterienleiber, die namentlich beim Absterben frei werden. 5. Chronisch wirkende Toxine, welche Marasmus der Tiere und oft amyloide Degeneration verursachen.

Der mit diesen Giften ausgerüstete Erreger verursacht zunächst heftige Entzündung; dann tritt gegenüber den chemotaktisch angelockten Leukozyten das Leukolysin, gegenüber den Gewebszellen nekrotisierendes Gift in Funktion Unter Umständen erfolgt Einbruch in die Blutbahn, Festsetzen und Wuchern der Staphylokokken in gewissen Gefäßbezirken, bis ein verstopfender Thrombus entsteht; in dessen Umgebung wieder Einschmelzung des Gewebes und Abszeßbildung; von einem Thrombus aus oft Verschleppungen in andere Gefäße. Metastasen namentlich in Nieren, Herz (Endokarditis), Gelenken.

Die Widerstandsfähigkeit des Staphylococcus ist sehr erheblich, jedoch bei verschiedenen Stämmen außerordentlich schwankend. Es gibt solche, welche zweistündiges Erhitzen auf 70°, 5 % Karbolsäure 13 Minuten, 1 Promille Sublimat 30 Minuten und länger ohne Schaden aushalten; relativ empfindlich sind sie gegen 50—60%igen Alkohol. Meistens tritt bei fortgesetzter künstlicher Kultur Virulenzverlust ein.

Natürliche Verbreitungsweise. Fundorte für die Staphylokokken sind außer den oben aufgezählten krankhaften Veränderungen die normale Haut, die Schleimhäute, namentlich der Nase und des Mundes, die Kleider, Wohnungsstaub usw. Sie sitzen in der Haut, werden aufs leichteste durch die Finger von Nase oder Mund aus auf eine Wunde übertragen. Auch Furunkel u. dgl. entstehen meist durch mechanisches Einreiben der in der Haut schon vorhandenen Staphylokokken. Bei manchen Menschen kommt offenbar eine gesteigerte Disposition zu Hilfe (Diabetiker).

Nach den Untersuchungen von Kolle und Otto, Schottmüller u. a. besteht indes doch ein Unterschied zwischen den Staphylokokken aus menschlichen Eiterherden und solchen, die von normaler Haut oder Schleimhaut usw. stammen. Nur erstere liefern reichlich Hämolysin und Leukolysin; sie werden außerdem durch Serum, das mittels Vorbehandlung von Tieren mit den von erkrankten Menschen stammenden Staphylokokken gewonnen ist, in stärkerer Verdünnung agglutiniert, die Kokken saprophytischer Provenienz dagegen nur durch Serum, das aus solchen saprophytischen Kokken hervorgegangen ist. Danach scheint der staphylokokkenkranke Mensch mehr, als man bisher annahm,

das Zentrum für die Verbreitung darzustellen, und größere Vorsicht gegenüber Eiterherden, abschließende Verbände bei Furunkeln, Ekzemen usw. wird am Platze sein.

Nach neueren Versuchen von Geisse gelingt es, saprophytische Staphylokokken durch fortgesetzte Passage der in Kollodiumsäckchen in die Bauchhöhle von Meerschweinchen eingebrachten Kulturen in Stämme mit allen Merkmalen der pathogenen Staphylokokken überzuführen. Ob auch bei der Ansiedlung in Wunden usw. des Menschen saprophytische Kokken eine solche Umwandlung erfahren können, ist noch zweifelhaft; die von vornherein pathogenen wird man immerhin als die gefährlicheren ansehen müssen.

Immunisierung und Serumtherapie bei Staphylomykosen. Aktive Immunisierung gelingt bei Kaninchen durch Infektion erst abgetöteter, dann abgeschwächter, schließlich lebender Staphylokokken; Mißerfolge sind häufig. Beim Menschen hat Wright in Fällen chronischer Furunkulose usw. abgetötete Kokken injiziert mit angeblich günstigem Erfolg und mit Ansteigen des opsonischen Index. Ferner scheint das Histopin (v. Wassermann), ein mit Karbol und Gelatine konservierter Schüttelextrakt von Staphylokokken, bei lokalen Affektionen günstig zu wirken.

Das von aktiv immunisierten Tieren gewonnene Immunserum kann ziemlich hohen Agglutinationstiter (1 : 1200) zeigen, aber geringe bakteriolytische Kraft; auch Komplementzugabe hilft nichts. Trotzdem hat es für Tiere schützende Wirkung, die vermutlich auf dem Bakteriotropingehalt und der Begünstigung der Phagozytose beruht. Injiziert man einem 24 Stunden vorher mit Immunserum behandelten Tier Staphylokokken intraperitoneal, so sind nach 30—60 Minuten alle Kokken anfangs in große mononukleäre, später in kleine polynukleäre Leukozyten aufgenommen, während im Kontrolltier die meisten Staphylokokken noch frei sind. — Beim Menschen sind befriedigende Resultate noch nicht erzielt. Vielleicht bietet vor nicht aseptischen Operationen (am Darm usw.) ein Mobilmachen von Leukozyten durch Nukleïnsäure und daneben Injektion von Immunserum Aussicht auf Erfolg.

Ein diagnostischer Hinweis auf verborgene chronische Staphylokokkenherde kann dadurch gegeben werden, daß das Blut des Kranken abnorme Mengen von Antihämolysin enthält, während bei Gesunden nur wenig davon vorhanden ist. Krankenblut erzeugt daher starke Hemmung der durch Staphylokokkenkultur im Reagenzglas eintretende Hämolyse (Versuchsanordnung von Homuth).

2. Streptococcus pathogenes.

Ebenfalls häufig im Wundeiter; ferner fast regelmäßig auf den normalen menschlichen Schleimhäuten, auf der Rachenschleimhaut bei 80 % der Untersuchten. Wird außerdem als Krankheitserreger angesehen bei Lymphangitis, Erysipel, Puerperalfieber

und anderen septischen Erkrankungen; bei nicht diphtherischer Angina (normale Rachenschleimhaut ergibt häufig den gleichen Befund), Endokarditis, Otitis, Meningitis; bei gewissen Darmkatarrhen der Säuglinge in den Dejekten und in der entzündeten Darmschleimhaut. Vielfach mischt er sich anderen Krankheitserregern bei, so bei Diphtherie, Phthise, Gelenkrheumaitsmus (vielleicht von Streptokokken-Angina verschleppt), Pocken, Scharlach usw. und verursacht hier oft schwere, nicht selten tödliche Komplikationen.



Fig. 171 Streptococcus pathogenes longus. Kulturpräparat. 800:1.

Diplokokken und Ketten von mehr als 8 Gliedern. Die einzelnen Kokken oft abgeplattet; manchmal schlecht färbbar, länglich (Involutionsformen). Zuweilen Kapselbildung. Grampositiv. — Wachstum in Kulturen viel schwächer als beim Staphylococcus; am besten bei über 30° liegender Temperatur und auf deutlich alkalischem Substrat, dem Traubenzucker und Aszitesflüssigkeit oder Menschenserum (Plazentarblut) zugesetzt ist. Zarte Kolonien. Wachstum in Bouillon in Form eines Bodensatzes von langen Ketten.

In Kulturen rasch absterbend. Bei fortgesetzter Kultur meist Virulenzabnahme, dagegen üppigeres Wachstum. — Im übrigen ziemlich widerstandsfähig, namentlich in einhüllenden Sekretschichten; verträgt dann auch Austrocknen gut. Resistenz der einzelnen Stämme sehr verschieden.

Noch schwankender ist die Virulenz. Alle größeren Tiere sind refraktär. Manche Stämme sind gegen Mäuse und Kaninchen stark tiervirulent und können durch fortgesetzte Passage durch Tiere der gleichen Art immer virulenter werden. Ein milliontel Kubikzentimeter einer solchen Kulturbouillon kann noch akute Sepsis hervorrufen (Aronson). — Lösliche Toxine und Endotoxine finden sich in den Kulturen nur in geringer Menge; jedoch ist im Tierkörper die Toxinbildung wahrscheinlich erheblicher. Hämolysin ist in den Kulturen nachweisbar, weniger als bei den Staphylokokken (s. unten).

Die Verschiedenheit der Erkrankungen, die der Pilz hervorruft, hat früher zu der Annahme geführt, daß mehrere durch morphologische und biologische Eigenschaften differenzierte Varietäten von Streptokokken bestehen, von denen die eine diese, die andere jene Erkrankung veranlaßt. Bei einzelnen Stämmen hat man nur kurze Ketten (mit weniger als 8 Gliedern) beobachtet (Str. brevis); bei anderen eine (aber nicht für einen einzelnen Stamm charakteristische) Neigung zur Bildung zusammengeballter Flocken in Bouillon (Str. conglomeratus); wieder andere Stämme zeigen Neigung zu besonderen Lokalisationen im Körper (in den Gelenken die bei Gelenkrheumatismus gezüchteten Kokken); nicht selten sind anaërobe Stämme gefunden (Vagina). Nach ihrer Hämolysinbildung hat Schottmüller durch Züchtung auf einem Blutagar, der 2 Teile Menschenblut auf 5 Teile Agar enthält, 1. lange Str. aus Krankheits-

herden unterschieden, sogenannte Erysipelkokken, = weißgraue Kolonien, die nach 12 Stunden glashelle Höfe zeigen. Blutbouillon burgunderrot. 2. Str. mitior s. viridans = graue Kolonien mit grünem Pigment; dahin gehörig der Str. longissimus (Thalmann), saprophytisch auf den Tonsillen. 3. Str. mucosus = schleimige Kolonien, mit grüner Verfärbung des Nährsubstrats (Methämoglobinbildung). — Nach Brauns Untersuchungen ist das von den Streptokokken in geeigneter Nährbouillon gebildete Hämotoxin ein echtes Sekretionsprodukt, das bei den verschiedenen Streptokokken identisch ist. — Alle die beobachteten, scheinbar unterscheidenden Merkmale sind bei fortgesetzter Kultur nicht konstant. Außerdem geht die Virulenz gegenüber Tieren keineswegs parallel der Virulenz gegenüber Menschen; der gleiche Stamm hat sogar auf verschiedene Menschen ganz ungleiche Wirkung. Ob daher im Einzelfall Erysipel, oder Angina, oder Sepsis durch Streptokokken hervorgerufen wird, das hängt nicht von der Virulenz als konstantem Artmerkmal, sondern einmal von der Eingangspforte und der Zahl der Erreger, dann von der Virulenz der Kokken gegenüber dem befallenen Individuum und von der Empfänglichkeit des letzteren für den einzelnen Streptokokkenstamm ab.

Es ist noch fraglich, ob die saprophytisch auf den normalen Schleimhäuten lebenden Streptokokken zur Krankheitserregung befähigt sind (vielleicht wenigstens dann, wenn die Sekrete abnorm geworden sind, z. B. das Vaginalsekret alkalisch statt sauer), oder ob diese Eigenschaft ausschließlich den aus menschlichen Krankheitsherden stammenden Kokken zukommt, die namentlich durch Kokkenträger Verbreitung finden können. Unter den saprophytisch wuchernden Streptokokken findet man oft solche, die nur kurze Ketten bilden (Str. brevis), die Gelatine verflüssigen, gramnegativ und höchstens für Tiere pathogen sind (Mastitis der Kühe). Diese lassen sich wohl als eine besondere Art abzweigen. Aber oft begegnet man auch saprophytischen langen Streptokokken, die in allen wesentlichen Eigenschaften mit den aus Krankheitsherden gezüchteten übereinstimmen (Milchsäurebildner in Milch, s. S. 210), und vielleicht nur anfangs Differenzen in der Hämolysinbildung aufweisen. — Von großer Bedeutung ist unter diesen Umständen ein Mittel, den Virulenzgrad herausgezüchteter Streptokokken zu bestimmen. Am besten eignet sich dazu die Methode von Bürgers. Sie beruht darauf, daß die virulenten Streptokokken von normalen menschlichen Leukozyten schlecht, die avirulenten erheblich besser gefressen werden. Es wird daher mit einer 1,5%igen Natriumzitratlösung eine Emulsion der Streptokokken hergestellt, diese ana mit normalem Menschenblut gemischt, 10 Min. bei 37° gehalten, dann ausgestrichen, gefärbt. Man zählt unter 100 Leukozyten die, welche nicht gefressen haben; diese Ziffer ist die Virulenzzahl. Bei avirulenten beträgt sie 0 bis 30, bei virulenten 50 bis 100.

Die Bekämpfung wird mit tunlichsten Isolierungsmaßregeln gegenüber den zweifellos gefährlichen streptokokkenhaltigen Krankheitsherden rechnen müssen. Da aber eine gewisse ubiquitäre Ver-

breitung immerhin möglich ist, wird die Bekämpfung vor allem auch auf Immunisierung und Serumtherapie gerichtet sein. Aktive Immunisierung läßt sich bei Kaninchen, Ziegen, Eseln, Pferden durch Injektion wiederholter steigender Dosen vom Bodensatz von Bouillonkulturen erreichen. Beim Menschen ist Vaccinetherapie nach Wright mit dem homologen Stamm versucht. — Das Immunserum, hauptsächlich Bakteriotropine enthaltend, hat deutliche Schutzwirkung bei Tieren derselben Art und gegen die homologen Bakterien, d. h. den Stamm, mit welchem die Tiere aktiv immunisiert sind. Auch Heilung kann noch 24 Stunden nach der Infektion mit der 100fachen Immunisierungsdosis erreicht werden.

Das Immunserum hat auch agglutinierende Eigenschaften. Im ganzen läßt sich die Agglutination bei Streptokokken nicht gut beobachten, weil die Ketten leicht spontan zusammenkleben. Ausnahmsweise hat man hochgradige Agglutination (bis 1 : 4000) gegenüber homologen Stämmen beobachtet, gegenüber anderen nur 1 : 4 bis 1 : 200. Die aus Scharlachangina, Scharlachblut usw. gezüchteten Streptokokken sollen von einem mit diesen hergestellten Serum viel höher agglutiniert werden als andere Stämme.

Im ganzen sind die therapeutischen Erfahrungen nicht günstig. Notwendig ist entweder Herauszüchtung des „eigenen“ Stammes des Patienten und Herstellung des Serums mit diesem; oder polyvalentes Serum, d. h. ein aus verschiedenen Stämmen gemischtes Serum, das der Mannigfaltigkeit im Bau des Rezeptorenapparates bei den Streptokokken entspricht. Marmorek, Denys, Aronson haben vorzugsweise tiervirulente Stämme zur Herstellung des Serums benutzt (obwohl die Tiervirulenz nicht maßgebend ist für die Menschenvirulenz); Tavel, Moser (Scharlachserum), Menzer (Gelenkrheumatismusserum) menschenvirulente Stämme. Bei letzteren Seris entsteht die neue Schwierigkeit, daß ihr Titer nicht an Tieren geprüft werden kann. Ruppel hat daher bei der Vorbehandlung tiervirulente Stämme zugefügt, um dadurch wenigstens gewisse Anhaltspunkte für die Prüfung zu gewinnen. Bei puerperalen, noch nicht zu vorgeschrittenen Prozessen scheinen wenigstens die noch nicht ergriffenen Organe vor der Infektion geschützt zu werden; auch prophylaktische Injektionen vor Operationen sollen günstig gewirkt haben. Weitere Erfahrungen sind abzuwarten.

3. Diplococcus lanceolatus (Pneumococcus, Lanzettcoccus).

Bei kruppöser Pneumonie fast regelmäßig im rostfarbenen Sputum und auf Schnitten der erkrankten Organteile. Häufig auch bei Lobulärpneumonien, meist mit Strepto- und Staphylokokken gemischt. Sekundäre Ansiedlungen rufen Pleuritis, Meningitis, Endokarditis, Otitis media usw. hervor. Einwanderung erfolgt offenbar von der Mund- und Rachenhöhe aus, wo man den Diplococcus bei gesunden

Menschen hauptsächlich im Oberflächenepithel fast stets, wenn auch im abgeschwächten Zustand, antrifft. Von da aus kann auch ohne Pneumonie an den verschiedensten Stellen Entzündung, z. B. Otitis, Endo- oder Perikarditis usw. hervorgerufen werden. Ferner findet man die Kokken bei der im Frühjahr oft epidemisch auftretenden Conjunktivitis. Bei Verletzungen der Kornea veranlassen die Lanzettkokken das Ulcus corneae serpens.

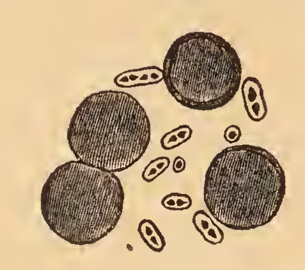


Fig. 172. Diplococcus Pneumoniae. (Fränkel). Mäuseblut 800:1.

Pneumonie wird gelegentlich durch andere Bakterieninvasionen bewirkt; so durch Streptokokken, Influenza-, Pestbazillen. Zuweilen treten allein oder neben den Pneumokokken dicke Bazillen in den Vordergrund, die früher von Friedländer als Erreger der Pneumonie ausgesprochen wurden, und die im Präparat Kapseln erkennen lassen, üppig in Form eines dicken schleimigen Belags auf künstlichem Nährsubstrat wachsen und den Ozaena- sowie den Rhinosklerombazillen nahe stehen.

Die Pneumokokken haben Ei- oder Lanzettform (s. Fig. 174); sie sind nach Gram färbbar; in Präparaten aus dem erkrankten Menschen oder Tier, namentlich da, wo frische Krankheitsherde vorliegen, zeigen sie deutliche Kapseln, die ungefärbt oder schwach gefärbt die kräftig gefärbten Kokkenpaare umgeben. In künstlichen Kulturen gedeihen sie schwer; am besten bei 35—37 ° auf Aszitesagar, Blutagar oder Blutserum und namentlich Eieragar. Sie bilden tautropfenähnlichen, nicht konfluierenden Belag. Auf Blutagar verhalten sie sich wie der Str. mucosus. Wie dieser ist der Pneumococcus löslich in frischer Lösung von gallensauren Salzen (1 ccm 10%ige Lösung von taurochols. Na mit 1 ccm Bouillonkultur vermischt); Unterschied gegenüber den pathogenen langen Streptokokken! — Die Kulturen sterben rasch ab, schon durch Austrocknen; in schleim- und eiweißhaltiger Hülle halten sich die Kokken aber erheblich länger. Überimpft man die Kulturen häufig, so kann man sie zwar am Leben erhalten, aber sie verlieren dann rasch ihre Virulenz.

Will man die Kokken lebend und virulent erhalten, so muß man Blut von infizierten Mäusen an Fäden getrocknet oder Organstücke (Milz, Herz) trocken im Exsikkator aufbewahren (Haltbarkeit 6 Mon.); oder fortgesetzt auf empfängliche Tiere übertragen. Die meisten Tiere sind wenig empfänglich, in hohem Grade aber Mäuse und Kaninchen. Oft schon nach subkutaner Einimpfung kleiner Dosen, sicher nach Injektion in die Blutbahn, entsteht bei diesen Tieren starke Vermehrung der Kokken im Blute, Septikämie, die rasch zum Tode führt, oft mit entzündlichen Prozessen in den verschiedensten Organen, Pleuritis, Endokarditis usw.

Bei der geringen Haltbarkeit der Kokken können wir nicht annehmen, daß sie aus der toten Umgebung des Menschen diesen befallen. Vielmehr wuchern sie auf normalen menschlichen Schleimhäuten als Epiphyten und werden dort für gewöhnlich durch die Schutzkräfte des Körpers, insbesondere die Phagozytose, in Schranken gehalten. Erst

wenn z. B. durch sog. Erkältung, Katarrhe, Läsionen u. dgl. eine besondere Organdisposition hergestellt ist, bringen es die Kokken zur Ansiedlung und Wucherung. Diese wird begünstigt durch einen hohen Virulenzgrad, der den gewöhnlich im Mundsekret gefundenen Erregern nicht anhaftet, sondern nur besonderen Stämmen, wie sie auf den Schleimhäuten von Pneumonikern und bei Leuten aus deren Umgebung vorkommen. Kokkenträger spielen, ähnlich wie bei der Genickstarre, die Hauptrolle bei der Verbreitung. Dadurch wird es verständlich, daß es 1. endemische Herde von Pneumonie gibt; daß 2. die Häufigkeit pneumonischer Erkrankungen auch bei Erwachsenen bis zu einem gewissen Grade der Häufigkeit der akuten Infektionsfieber des Kindesalters parallel geht (Kruse); und daß 3. kleine Epidemien von Pneumonie auftreten, bei denen eine Übertragung von Person zu Person mit Bestimmtheit nachweisbar ist.

Die Bekämpfung kann daher nicht auf die Beseitigung der Erreger, sondern muß vorzugsweise auf Immunisierung und Serumtherapie ausgehen. — Aktive Immunisierung bei Menschen erfolgt bis zu einem gewissen Grade durch das Überstehen einer Pneumonie; jedoch ist der Schutz unsicher und von wechselnder Dauer. Mit dem Serum von Rekonvaleszenten sind bei Tieren Schutzwirkungen erreicht, angeblich zuweilen auch Erfolge beim erkrankten Menschen. — Bei Tieren läßt sich durch Vorbehandlung zunächst mit abgetöteten Kulturen oder Kulturextrakten, schließlich mit hochvirulenten lebenden Kulturen aktive Immunisierung bewirken. Durch das Serum solcher Tiere lassen sich Tiere schützen; bei Menschen scheint die Wirkung unsicher zu sein. Auch bei Ulcus corneae serpens sind die Heilerfolge zweifelhaft; dagegen ist die Schutzwirkung des Serums sogleich nach der Akquirierung von Verletzungen der Kornea anerkannt (Römer). Das Serum muß womöglich ein polyvalentes sein, ähnlich wie beim Streptokokkenserum. — Eine Art Agglutination kommt durch solches Serum zustande, wenn homogene Kulturaufschwemmungen in verdünntes Immunserum eingebracht werden, die Kokken bilden dann lange Ketten und verschlungene Knäuel.

Günstige therapeutische Wirkungen gegen Pneumokokkenerkrankungen scheinen mit gewissen Chininderivate erzielt zu sein, besonders mit dem Äthylhydrokupreïn = Optochin, das schon in einer Verdünnung von 1 : 100 000 auf Pneumokokken (nicht auf Streptokokken) entwicklungshemmend wirkt (Morgenroth).

Die pyogenen Staphylokokken, Streptokokken und Lanzettkokken sind beim Menschen die häufigste Ursache von Eiterung, Septikämie und Pyämie. Eiterung kann im Experiment und ausnahmsweise auch

beim Kranken ohne lebende Bakterien, z. B. durch freigewordene Toxine, bewirkt werden; in der Regel kommen aber nur lebende Erreger, außer den genannten Kokken auch z. B. Bac. coli, Micr. tetragenus usw. in Betracht.

Zu arger Verwirrung der ätiologischen Begriffe hat die Bezeichnung „Blutvergiftung" für die mit hohem Fieber einhergehenden Allgemeinerkrankungen geführt, die sich oft an kleine und unscheinbare Verletzungen der Haut oder an Schleimhautwunden anschließen. Hier ist niemals das Eindringen eines Giftes von außen in den Körper beteiligt, wie z. B. giftige Farbe, Leichengift, Phosphor, Tinte usw., sondern diese Krankheitserscheinungen sind stets auf die Ansiedlung und Wucherung von lebenden Mikroorganismen zurückzuführen. Entweder können auf einer größeren Schleimhautwunde Bakterien sich ansiedeln, welche zwar nicht in das Blut des Wirts eindringen bzw. sich dort nicht vermehren können, welche aber durch Toxine den Körper schädigen (Toxämie). Oder es erfolgt von kleinsten Läsionen z. B. des Rachens, der Tonsillen aus, oder auch innerhalb einer Lymphdrüse, die vergeblich versucht hat, die Erreger aufzuhalten und zu vernichten, ein Einbruch von virulenten Bakterien in die Blutbahn; diese vermehren sich im Blute und durchwuchern ein einzelnes Organ oder den ganzen Körper in kurzer Zeit (Sepsis, Septikämie, hervorgerufen durch Streptokokken, Lanzettkokken, Pest-, Typhus-, Colibazillen u. a. m.)

Schließen sich diese Erkrankungen an eine äußere Verletzung an, so sind die Erreger häufig auf der Haut schon vorhanden, ehe die Verletzung erfolgt; oder die Erreger können, unabhängig von der Verletzung, erst nachträglich durch Berührung mit dem Finger, mit Speichel, Verbandszeug u. dgl. in die Wunde gelangen.

4. Micrococcus Gonorrhoeae (Gonococcus).

Regelmäßig im gonorrhoischen Sekret. Diplokokken von Kaffeebohnenform. Der Teilungsspalt nicht von geraden, sondern etwas ausgebuchteten Linien begrenzt. Nach Gram nicht färbbar. Liegen bei frischer Erkrankung in Haufen auf den Epithelien, in protrahierten Fällen fast nur extrazellulär, während der akuten Krankheitsperiode hauptsächlich in den polynukleären Leukozyten. Das gramnegative Verhalten unterscheidet den Gonococcus von ähnlichen Kokken, die in der normalen Harnröhre vorkommen, aber grampositiv sind. — In künstlicher Kultur ziemlich schwierig zu züchten. Wächst nur bei 35 bis 37 ° auf Serumagar, der mit menschlichem Serum oder mit Schweineserum und Nutrose, oder mit Aszitesflüssigkeit bereitet ist. Häufige Überimpfung erforderlich. Resistenz, auch gegen Austrocknen, sehr gering.

Versuchstiere sind sämtlich für die Infektion unempfänglich; höchstens lassen sich gewisse Wirkungen (Infiltrationen und Nekrosen) durch die hitzebeständigen Endotoxine der Kokken erzielen. Beim Menschen auf verschiedenen Schleimhäuten wachstumsfähig, namentlich in der Urethra, im Rektum und bei jugendlichen Individuen in der Vagina und auf der Konjunktiva. — Übertragung der Krankheit fast nur durch direkte Berührung, vorzugsweise durch den Coitus. Zuweilen durch Handtücher, Wäsche, Schwämme, Badewasser (Epidemien in Kinderspitälern). Keine Immunität durch Überstehen der Krankheit; es kann sogar während einer chronischen Gonorrhoe eine neue akute erworben werden. Serum von aktiv immunisierten Tieren kann die Giftwirkung bei Tieren aufheben; bei Erkrankten ohne Erfolg. Bessere Resultate durch Vakzinebehandlung mit abgetöteten Gonokokken (Arthigon). — Gegen die Blennorhoea neonatorum wird eine Prophylaxis durchgeführt, indem die Hebammen angewiesen sind, in allen irgendwie verdächtigen Fällen unmittelbar nach der Geburt einige Tropfen Höllensteinlösung (nach v. Herff besser das schonendere Silberpräparat Sophol) in den Konjunktivalsack der Neugeborenen einzuträufeln. — Bestimmungen des Preußischen Seuchengesetzes wie bei Syphilis (s. dort).

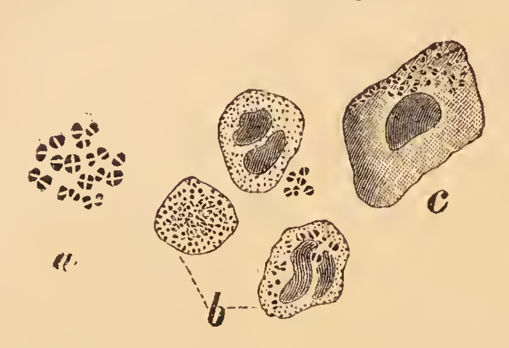


Fig. 173. Micrococcus der Gonorrhoe. 800 : 1 (nach Bumm). a = frei liegende Kokken. b = Kokken in Eiterzellen. c = Epithelzelle mit Kokken.

5. Micrococcus intracellularis meningitidis (Meningococcus).

Meningitis kann durch syphilitische und tuberkulöse Prozesse (Basilarmeningitis) entstehen, ferner durch Streptokokken und — relativ häufig — durch Lanzettkokken. Letztere Erkrankungen zeigen auch zuweilen eine Häufung, ohne daß indes eine wirkliche Epidemie sich entwickelt. Tritt Meningitis in stärkerer Verbreitung auf, so handelt es sich fast immer um den Meningococcus als Krankheitserreger.

Ausgedehntere Epidemien sind 1854—1875 in Europa beobachtet; 1904—1905 kamen in dem Industriegebiet Oberschlesiens etwa 3000 Erkrankungen mit fast 2000 Todesfällen, 1906—1907 in den Reg.-Bez. Düsseldorf und Arnsberg ähnlich zahlreiche Erkrankungen vor. Die Epidemien beginnen meist im zweiten Teil des Winters und erreichen im Frühling und Frühsommer ihren Höhepunkt. Vorwiegend wird die ärmere Bevölkerung befallen, und unter dieser namentlich Kinder.

Als bemerkenswerte Krankheitserscheinungen seien genannt: Rachenröte; hohes Fieber, heftiger bohrender Kopfschmerz, Genickstarre (Opisthotonus mit Steifheit der Nackenmuskeln), Erbrechen. Häufig Seh- und Gehörstörungen. Die Krankheit

verläuft meist tödlich, zuweilen in wenigen Stunden; nach der Genesung hinterbleibt oft Erblindung oder Taubheit.

Die Erreger sind semmelförmige Doppelkokken, den Gonokokken sehr ähnlich; stets gramnegativ. Meist in Leukozyten eingelagert. — Züchtung gelingt nur bei 37° auf besonderen Nährböden, am besten auf Serum- oder Aszitesagar. Die Kolonien auf solchen Platten sind zart, schleierartig; bei 60facher Vergrößerung erscheinen die tiefliegenden Kolonien gelbbraun, oval und ganz grob granuliert, die oberflächlichen strukturlos, mit sehr feiner Granulierung; ältere Kolonien zeigen kristallinische Auflagerungen. Ein mikroskopisches Abstrichpräparat zeigt die Kokken in ungleichmäßiger Verteilung und weist zahlreiche Verschiedenheiten der Einzelkokken in bezug auf Größe (zuweilen Riesenformen),

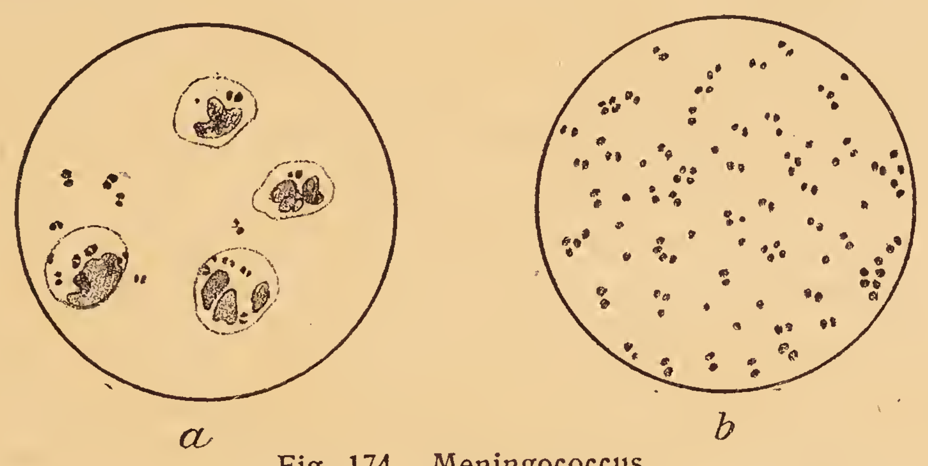


Fig. 174. Meningococcus.
a in Lumbalpunktionsflüssigkeit *b* Reinkultur. 600:1.

Lagerung (oft zu vieren) und Färbbarkeit auf. — Gegenüber ähnlichen im Rachenschleim und gelegentlich auch in den Meningen vorkommenden Kokken, wie M. catarrhalis, Diploc. crassus (ein Teil der Kokken pflegt sich grampositiv, ein Teil negativ zu verhalten), Diploc. flavus, die sog. S-Stämme usw. gewährt eine gewisse Unterscheidung das Vergärungsvermögen gegenüber Kohlehydraten, auch die Löslichkeit durch gallensaure Salze. Zuverlässig gelingt sie indes nur durch agglutinierendes Serum von mit Meningokokken vorbehandelten Tieren, das Meningokokkenstämme nach 24 Stunden bei 55° in einer Verdünnung von 1 : 50 bis 1 : 200 und mehr agglutiniert, Kulturen der ähnlichen Kokken dagegen höchstens in einer Verdünnung von 1 : 10 bis 1 : 20. — Die Resistenz des Coccus ist eine sehr geringe; Austrocknen, schwaches Erhitzen, desinfizierende Lösungen usw. töten ihn rasch ab. — Übertragung auf Versuchstiere ist nicht gelungen.

Die Erreger finden sich im Eiter der Meningen, jedoch nur, wenn die Sektion kurz nach dem Tode ausgeführt wird.

Am einfachsten gelingt der Nachweis mit Lumbalflüssigkeit, die dem Kranken intra vitam durch Quinckesche Lumbalpunktion entnommen ist (Einstich mittels Troikarts im 3. oder 4. Zwischenwirbelraum, in der Mittellinie oder etwas nach außen von dieser.

zwischen zwei Dornfortsätzen; Kontrolle durch Manometer, daß der Überdruck nicht zu stark absinkt!). In den eitrigen Flocken dieser Flüssigkeit findet man oft reichliche gramnegative Meningokokken, zum großen Teil in die Leukozyten eingelagert; ein solcher mikroskopischer Befund sichert für sich allein die Diagnose. Sind die Kokken spärlich oder nur extrazellulär vorhanden, so ist Kultur anzulegen und diese durch Agglutination zu differenzieren.

In den ersten Krankheitstagen findet man die Meningokokken auch im Rachenschleim. Vom fünften Krankheitstage ab pflegen sie hier zu verschwinden. Ihr Sitz ist stets an der oberen hinteren Rachenwand. Die Untersuchung der Probe muß sofort erfolgen; das mikroskopische Präparat ist aber niemals beweisend; nur Kultur und Agglutinationsprobe kann gegen Verwechslungen schützen.

In späteren Krankheitsstadien kann auch an einer Blutprobe des Kranken durch die agglutinierende Fähigkeit des Serums die Diagnose gestellt werden (s. im Anhang).

Verbreitungsweise der Krankheit. Angesichts der geringen Resistenz des Meningococcus kann seine Verbreitung nur direkt von Mensch zu Mensch erfolgen. Beim Kranken ist aber die einzige mit außen kommunizierende Ansiedlungsstätte der Rachen; und an dieser Stelle verschwinden die Kokken relativ früh. Die Verbreitung der Seuche erklärt sich offenbar daraus, daß während einer Epidemie im Rachen zahlreicher (bis zu 70 %) Menschen aus der näheren Umgebung des Kranken Meningokokken in reichlicher Menge und während einer Zeit von etwa drei Wochen vorkommen. Diese „Kokkenträger" zeigen entweder gar keine Krankheitserscheinungen oder nur die Symptome einer Pharyngitis. Unter den „Trägern" verbreiten sich die Kokken anscheinend durch direkte Berührungen, oder durch beim Husten und Sprechen verspritzte Sekrettröpfchen, gemeinsames Eß- und Trinkgeschirr, Taschen- und Handtücher. Die Kokkenträger sind durch ihre große Zahl und durch ihren freien Verkehr viel mehr geeignet, die Erreger zu verbreiten als die Meningitiskranken. Durch sie erfolgt gewöhnlich die Einschleppung an einen neuen Ort, und ebenso die Ausbreitung innerhalb der Ortschaft. Aus der großen Zahl der Pharyngitiskranken werden nur wenige disponierte Individuen von Genickstarre befallen; anscheinend namentlich Kinder von sogen. lymphatischer Konstitution. — Auch die epidemiologischen Erhebungen stehen mit dieser hervorragenden Rolle der Pharyngitiskranken und Kokkenträger im Einklang. Der Meningitiskranke tritt als Zentrum für die Ausbreitung ganz zurück; Übertragungen von diesem auf Ärzte, Pflegerpersonal oder an anderen Krankheiten Leidende sind fast nie beobachtet. Auch in stark bewohnten Häusern und in kinderreichen Familien bleibt es gewöhnlich

bei einer vereinzelten Erkrankung; ausnahmsweise gehäufte Fälle erklären sich aus dem Vorhandensein einer größeren Anzahl von disponierten Personen.

Für die Bekämpfung der Krankheit ist daher die Isolierung des Meningitiskranken ziemlich belanglos; von Desinfektion ist wenig zu erwarten, weil die Erreger sowieso schon in der äußeren Umgebung nicht haltbar sind. Trotzdem wird man, da die Ausstreuung von Erregern durch den Kranken immerhin möglich ist, für Absperrung Sorge tragen; und die Aufnahme ins Krankenhaus wird schon wegen der sachgemäßeren Pflege zu empfehlen sein. Hauptsächlich müssen aber die Kokkenträger berücksichtigt werden, zu denen jeder zu rechnen ist, der mit dem Kranken vor dessen Erkrankung oder mit anderen mutmaßlichen Kokkenträgern in nahem persönlichen Verkehr gestanden hat. Gurgelungen und Pinselungen sind gegen die Pharyngitis ohne Erfolg gewesen, auch Eingießen von Pyocyanase usw. Isolierung wäre das wünschenswerteste, ist aber selten durchführbar. Es bleibt daher nur übrig, die Kokkenträger durch geeignete Merkblätter zur Vorsicht im Verkehr mit anderen Menschen anzuhalten, und die übrige Bevölkerung auf die Gefahr, die von den Trägern ausgeht, hinzuweisen. Schulkinder, die im Verdacht stehen, Kokkenträger zu sein, sollten drei Wochen vom Schulbesuch ferngehalten werden.

Durch Vorbehandlung mit abgetöteten und lebenden Kulturen ist ein Serum hergestellt, das zu Agglutinationszwecken Verwendung findet. Dies Serum enthält aber auch lytische Ambozeptoren und Bakteriotropine, deren Menge durch den opsonischen Index bzw. durch Komplementbindung bestimmt wird, und bei Benutzung toxischer Stämme auch Antitoxine; mit solchem Serum sind therapeutische Erfolge erzielt (Jochmann, Wassermann und Kolle, Kraus).

Das Preußische Seuchengesetz vom 28. August 1905 bzw. die zu diesem Gesetz erlassenen Ausführungsbestimmungen enthalten bezüglich der Anzeigepflicht bei Genickstarre nichts Besonders. Beim Ermittelungsverfahren soll womöglich eine bakteriologische Untersuchung des Schleims aus dem Nasenrachenraum, des Blutes und des Liquor cerebrospinalis des Erkrankten veranlaßt werden. Die Schutzmaßregeln sind die S. 574 aufgeführten.

---

6. Micrococcus catarrhalis, dem vorigen sehr ähnlich, auch oft in Leukozyten liegend, meist etwas größer; entschieden gramnegativ. Üppigeres Wachstum auf zucker- oder serumhaltigen Nährböden, als das der Meningokokken. Im Sekret der Luftwege, bei Coryza, Bronchitis, jedoch nicht so häufig, daß er als Erreger angesprochen werden könnte. — Nicht tierpathogen.

7. Micrococcus tetragenus. Bildet Tafeln von zwei oder vier Kokken, die von einer nicht färbbaren Kapsel umschlossen sind. Grampositiv.

Wächst leicht in milchweißen Auflagerungen auf Gelatine usw. Erzeugt Eiterung, bei weißen Hausmäusen (und bei Meerschweinchen) tödliche Sepsis, Feldmäuse sind immun. Im Sputum des Menschen (Kaverneninhalt) häufig.



Fig. 175. Micrococcus tetragenus. Milzausstrich. 500:1.

8. Micrococcus Melitensis. Erreger des in den Mittelmeerländern und in Indien und China verbreiteten Maltafiebers, das durch mehrfach rezidivierende Fieberperioden von 1—2 Wochen Dauer, durch allmähliche Anämie und Erschöpfung, heftige Neuralgien und Fehlen von Darmsymptomen gekennzeichnet ist. Bei der Sektion finden sich im Blut, namentlich in Milz und Leber, sehr kleine elliptische, unbewegliche, gramnegative Bakterien, nicht eigentlich Kokken, so daß die Bezeichnung „Bakterium Melitense" richtiger erscheint (Saisawa), die in künstlicher Kultur nur spärlich wachsen. Durch die Kulturen lassen sich bei Affen ähnliche Krankheitserscheinungen auslösen; ebenso bei Ziegen, die an der natürlichen Verbreitung der Krankheit sehr beteiligt sind, da z. B. auf Malta in 10 % der Ziegenmilch der Erreger enthalten ist. Mehrfach sind im Laboratorium Übertragungen auf Menschen erfolgt. Die Invasion scheint sich von den Schleimhäuten oder von kleinsten Hautverletzungen aus zu vollziehen. — Durch Vorbehandlung von Tieren wird ein Serum gewonnen, dem angeblich therapeutische Erfolge zukommen. Außerdem enthält dasselbe spezifische Agglutinine und kann zur Verifizierung der Kulturen benutzt werden. Intra vitam ist bakteriologische Diagnostik möglich durch reichliche Blutaussaat auf Agarplatten oder durch Prüfung des Blutserum auf agglutinierende Fähigkeit (mindestens 1 : 500).

9. Bacillus anthracis (Milzbrandbazillus).

Findet sich bei den an Milzbrand erkrankten Menschen in dem Exkret des Karbunkels bzw. im Sputum oder in den Dejekten; bei an Milzbrand gefallenen Tieren im Blut namentlich der inneren Organe.

Stäbchen von 2—6 μ und 1—1,25 μ Breite; ohne Eigenbewegung. Grampositiv. Nach Alkoholfixierung der Präparate in den Fäden Lücken zwischen den einzelnen die Fäden zusammensetzenden Bazillen, und die Enden der Bazillen leicht verdickt (Bambusstäbe). Bei Organausstrichen lassen sich meist mittels einfacher Färbung ungefärbte Kapseln darstellen.



Fig. 176. Milzbrandbazillen. Mäuseblut (nach Koch). 700:1.



Fig. 177. Milzbrandbazillen Meerschweinchenblut (nach Koch). 650:1.

Im lebenden Tierkörper und im uneröffneten Kadaver erfolgt nur fortgesetzte Vermehrung durch Teilung und höchstens Bildung von Scheinfäden. Nach

Eröffnung eines Kadavers (Abziehen der Felle) kann an den Stellen, zu welchen der Luftsauerstoff Zutritt hat, und bei einer zwischen 16 und 42° liegenden Temperatur (am besten bei 25—30°), unter den gleichen Bedingungen auch in künstlichen Kulturen, Sporenbildung eintreten.

Die Bazillen wachsen dabei zunächst zu Fäden aus und in diesen bilden sich in perlschnurartiger Reihe glänzende Sporen (Fig. 178, 179), in jedem Bazillus



Fig 178. Milzbrandfäden, drei Stunden alte Kultur von Meerschweinchenblut in humor aqueus (nach Koch). 650:1.

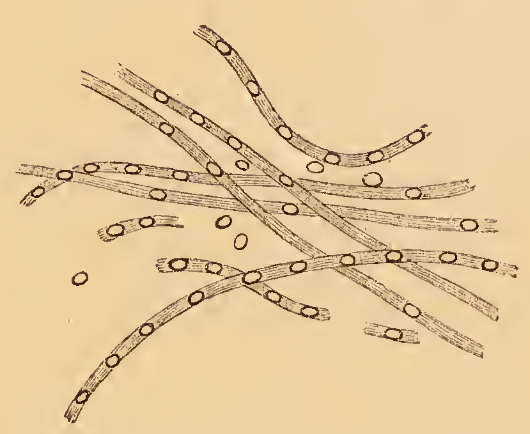


Fig. 179. Milzbrandfäden mit Sporen 34stündige Kultur (nach Koch). 800:1.

eine Spore. Schließlich zerfällt der Faden, die Sporen werden frei und können unter günstigen Bedingungen wieder von neuem zu Bazillen auskeimen. — Unter gewissen Verhältnissen, z. B. geringem Karbolzusatz zum Nährsubstrat, bilden sich asporogene Rassen aus. — Die Sporen zeigen erheblich größere Resistenz als die Bazillen, ertragen Dampf von 100° bis zu 15 Minuten; jedoch variieren sie hierin stark und es gibt Sporen, die nur 2 Minuten oder noch weniger Siedehitze vertragen.

Die Bazillen wachsen leicht auf Nährgelatine; sie bilden auf Platten nach 24—28 Stunden kleine weiße Pünktchen, welche sich bei 80facher Vergrößerung als ein unregelmäßig konturiertes Knäuel aus gewellten Fadensträngen darstellen. Erreicht die Kolonie die Oberfläche, so treten die einzelnen lockigen Fadenstränge am Rande deutlicher hervor (Fig. 180) und wuchern auf weite Strecken über die Gelatine hin. Gleichzeitig tritt in der Umgebung der Kolonie langsame Verflüssigung ein. Auf Kartoffeln wachsen die Bazillen in Form einer weißlichen Auflagerung. In Kulturen tritt meist Abnahme der Virulenz ein.

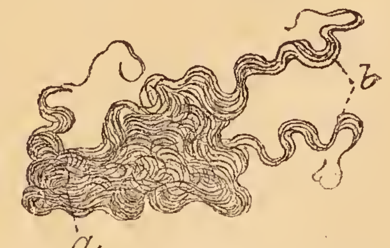


Fig. 180. Milzbrandkolonie. 60:1. Bei *a* der Rest der tiefliegenden Kolonie. *b* oberflächliche Ausbreitungen.

Impft man Mäusen, Meerschweinchen, Kaninchen die minimalsten Mengen einer Kultur in eine Hautwunde, so sterben sie nach 22 bzw. 40 bzw. 48 Stunden an Milzbrandsepsis. Nach dem Tode des Tieres findet man alle Kapillaren der Leber, Milz, Nieren, Lunge usw. wie austapeziert mit enormen Mengen von Milzbrandbazillen, so daß meistens Ausstrichpräparate, namentlich aus der Milz, schon mit Rücksicht

auf die Masse gleichartiger Bazillen die Diagnose auf Milzbrand gestatten.

Auch auf größere Tiere, Rinder, Schafe, Pferde, Schweine, läßt sich Milzbrand leicht übertragen; Kaltblüter, Vögel sind nahezu immun; wenig empfänglich Hunde und gewisse Rassen von Hammeln. — Unter den genannten landwirtschaftlichen Nutztieren kommt es nicht selten zu ausgebreiteten Epizootien; gelegentlich auch unter Hirschen, Rehen und Hasen. Der Milzbrand verläuft bei den Tieren meist tödlich unter den Erscheinungen allgemeiner Sepsis.

Die Aufnahme der Erreger erfolgt entweder von Verletzungen der Haut (Stechfliegen, Wunden an den Extremitäten), oder häufiger vom Darm aus. Da die Erreger mit dem Kot und Harn in Menge ausgeschieden werden und auf den Weideplätzen leicht Sporen bilden, gelangen sie in widerstandsfähiger Form auf Futterkräuter, durch welche die Weidetiere sich infizieren. Durch Überschwemmungen kann sich die Krankheit von verseuchten Weideplätzen aus auf tiefer gelegene verbreiten. Auch von Verscharrungsplätzen für die Kadaver, wo eine Verunreinigung der Bodenoberfläche mit infektiösem Material und nachträgliche Sporenbildung leicht eintreten kann, sowie durch Überschwemmungswasser von Flüssen, an denen Gerbereien liegen, kann Verseuchung von Weideplätzen erfolgen.

Beim Menschen kommt die Infektion von der Haut, oder von der Lunge, oder vom Darm aus zustande. An Hautmilzbrand erkranken namentlich Viehknechte, Fleischer, Abdecker, Gerber; ferner Pinsel- und Bürstenmacher, Tapezierer usw., welche mit Haaren von milzbrandigen Tieren zu tun haben. Die Infektion erfolgt an Stellen, wo sich kleine Verletzungen finden, oft durch Kratzen mit infizierten Fingern (z. B. am Kopf), gelegentlich durch Insektenstiche (Schmeißfliegen). In diesen Fällen entstehen zunächst Milzbrandkarbunkel. — Viel seltener ist Lungenmilzbrand infolge von Einatmung von Milzbrandsporen; er ist bei Lumpensortierern, Roßhaararbeitern beobachtet. Noch seltener kommt Darmmilzbrand durch Verzehren rohen infizierten Fleisches vor.

Die bakteriologische Diagnose kann selten aus dem mikroskopischen Präparat des Eiters gestellt werden, da häufig saprophytische Bazillen von ähnlicher Form vorkommen. Sicherer ist es, mit Gewebssaft aus der Tiefe des Karbunkels Mäuse zu impfen und außerdem Gelatineplatten anzulegen. Für den Transport von Material empfehlen sich Gipsstäbchen, die mit Blut oder Gewebssaft imprägniert werden (gebrauchsfertig bei Lautenschläger, Berlin). — Zum Nachweis von Milzbrandsporen an Tierhaaren werden die Proben in ClNa-Lösung von 80° gründlich gewaschen, die Spülflüssigkeit nochmals auf 80° erhitzt, zentrifugiert, das Sediment mittels Kultur und Tierversuch geprüft. — Über die Präzipitinreaktion Ascolis s. oben „Präzipitine".

Prophylaxe. Epizootien sind dadurch zu verhüten, daß die Anzeigepflicht streng gehandhabt wird. Milzbrandkadaver müssen mit allen Vorsichtsmaßregeln der Abdeckerei überwiesen oder 3 m tief (in dieser

Tiefe ist die Temperatur so niedrig, daß Sporenbildung nicht mehr eintreten kann) verscharrt werden; die Bodenoberfläche an dem Verscharrungsplatz muß reichlich mit Kalkmilch begossen werden. Verseuchte Weideplätze sind zu meiden; Überflutungen mit verdächtigem Wasser (s. oben) tunlichst zu verhüten. — Um Milzbrandinfektion von Menschen zu hindern, müssen Fleischer, Abdecker usw. kleinste Verletzungen der Hände beachten und eventuell behandeln lassen. Gerber müssen gegenüber den sogenannten Wildhäuten (aus dem Ausland importierten Häuten) besonders vorsichtig sein. Zur Desinfektion solcher Häute hat sich die sog. Pickelflüssigkeit bewährt; 1 Kilo Häute wird für 24 Stunden in 10 Liter 1 % Salzsäure + 10 % Kochsalz eingelegt (Grassberger und Schattenfroh). Importierte Tierhaare sollen vor der Eröffnung der Ballen einer Dampfdesinfektion unterzogen werden, die aber vielfach entweder nicht tief genug eindringt oder die Ware unbrauchbar macht.

Immunisierung und Serumtherapie. Aktive Immunisierung ist bei landwirtschaftlichen Nutztieren von Toussaint und namentlich von Pasteur nach dem oben unter „Schutzimpfungen" beschriebenen Verfahren durchgeführt. Die Dauer des Schutzes beträgt etwa 1 Jahr. — Auch mit sog. Aggressin, keimfreiem Peritonealexsudat von Milzbrandtieren, hat Bail kräftige Immunisierung erzielt. — Durch fortgesetzte aktive Immunisierung wird von Rindern ein Serum gewonnen, das in Menge von 20—200 ccm Hammel, Rinder und Pferde gegen die Infektion für einige Wochen bis Monate schützen soll, und auch therapeutisch bei erkrankten Tieren und Menschen Erfolge hat. — Sobernheim hat für Tiere kombinierte aktive und passive Immunisierung empfohlen; 5 ccm Serum und 0,5 ccm Vaccin II werden an beiden Halsseiten injiziert: Der Schutz tritt sofort ein und dauert mindestens 1 Jahr; die Impfverluste betrugen in Südamerika bei mehr als 200 000 Impfungen nur 0,1 ‰. — Therapeutisch hat sich Salvarsan im Tierversuch und auch beim Menschen bewährt.

Das Reichsseuchengesetz schreibt Anzeigepflicht vor; die Ermittelung soll im Einvernehmen mit dem beamteten Tierarzt erfolgen; an Milzbrand erkrankte Personen sind abzusondern und erforderlichenfalls in ein Krankenhaus zu überführen. Im übrigen sind einige von den allgemeinen abweichende Anordnungen in den Ausführungsbestimmungen enthalten, die namentlich die Aufklärung über die Entstehung der Erkrankung sowie Vorsichtsmaßregeln für die gefährdenden gewerblichen Betriebe betreffen.

10. Bacillus typhi abdominalis (Typhusbazillus).

Bei dem mit Schwellung und Geschwürsbildung in den Peyerschen Plaques und den solitären Follikeln des unteren Dünndarms,

sowie mit Schwellung der Mesenterialdrüsen und der Milz einhergehenden Abdominaltyphus findet man bei der Sektion namentlich in Milz, Leber und Mesenterialdrüsen Typhusbazillen; während der Krankheit im Blut, in den Roseolen, seltener in den Dejekten und im Harn.

Die Typhusbazillen liegen auf Schnitten der Milz in kleinen Nestern außerhalb der Gefäße als kurze, plumpe, an den Enden abgerundete Stäbchen. In Kultur erscheinen sie je nach den Züchtungsbedingungen von verschiedener Länge und Dicke; oft bilden sie längere Fäden. Bei der Färbung mit Anilinfarben bleiben zuweilen helle Lücken,



Fig. 181. Typhusbazillen aus Gelatinekultur (nach Loeffler). 600:1.

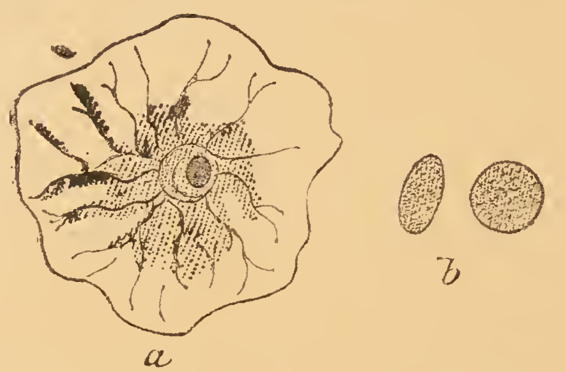


Fig. 182 Typhuskolonie. 60:1. *a* oberflächliche, *b* tiefliegende.

die aber nicht als Sporen aufzufassen sind. Sie sind gramnegativ. Im hängenden Bouillontropfen zeigen sie lebhafte Eigenbewegung; durch die Geißelfärbung lassen sich an jungen Bazillen je 8—12 um die ganze Peripherie angeordnete lange Geißeln sichtbar machen. — Die Züchtung gelingt leicht auf den verschiedensten Nährsubstraten (auch bei schwach saurer Reaktion).

Auf Gelatineplatten bilden die Kolonien dünne irisierende Häutchen, bei schwacher Vergrößerung mit einem System von Furchen und Faltungen, die sich nach dem Rande zu verästeln (weinblattartige Zeichnung); nur in der Mitte pflegt noch ein Rest der tiefen Kolonie mit dunklerer Färbung hervorzutreten.

Im übrigen ist das Verhalten des Typhusbazillus in den Kultursubstraten hauptsächlich von dem Gesichtspunkte einer Trennung und Unterscheidung der Typhusbazillen von anderen ähnlichen Bakterien, namentlich Coli- und Aërogenesarten, studiert. Dazu eignet sich einmal die relative Unempfindlichkeit des Typhusbazillus gegen einige, die übrigen Bakterien und namentlich Coliarten stärker schädigende Mittel, Säure, Koffeïn, Kristallviolett, Malachitgrün, Galle; zweitens seine Abneigung gegen Assimilierung und Zerlegung von Kohlehydraten, so daß Milchzucker weder Säure noch Gas bildet, Traubenzucker und Mannit kein Gas und nur sehr wenig Säure.

Zu der ersten Gruppe von Verfahren gehört z. B. die Vorkultur des Materials in einer 3 % Pepton, 0,6 % Koffeïn und etwas Kristallviolett enthaltenden Flüssigkeit (Ficker) oder auf Malachitgrünagar (Lentz, Löffler), der auf

Colibakterien hemmend wirkt. Gute Resultate gibt die Anreicherung in Galle (s. im Anhang). — Der Abneigung gegen Kohlehydrate trägt man Rechnung durch den Drigalski-Conradischen Nährboden, der Lackmus, Nutrose, Milchzucker und Kristallviolett enthält. Die Colibakterien verarbeiten vor allem den Zucker, produzieren Säure und bilden daher rote Kolonien; die Typhusbazillen stellen aus der Nutrose alkalische Stoffwechselprodukte her und liefern blaue tautropfenähnliche Kolonien. Manche andere Bakterien verhalten sich wie Typhus, sollen aber durch den Kristallviolettzusatz gehemmt werden. — Oder man verwendet den von Endo empfohlenen Fuchsinagar, der mit alkoholischer Fuchsin- und mit Natriumsulfitlösung versetzt wird und nach dem Erkalten farblos ist, weil das Fuchsin durch das Sulfit reduziert ist. Colibakterien liefern durch ihre Produktion von Alhehyd aus den Kohlehydraten Kolonien mit roten Zentren, während Typhuskolonien hell, glasig erscheinen.

Zur weiteren Differenzierung züchtet man die verdächtige Kultur noch auf Kartoffeln; Typhusbazillen wachsen in Form einer Haut, welche über die ganze Fläche sich hinzieht, aber kaum wahrnehmbar ist, weil sie die Farbe der gekochten Kartoffeln ungeändert läßt und nur einzelnen Stellen stärkeren Glanz verleiht; ferner in Traubenzuckerbouillon (kein Gas); in Milch (keine Koagulation); in Bouillon oder Peptonlösung (kein Indol, Nachweis s. S. 543); in Neutralrotagar (keine Farbenveränderung); in Milchzucker-Nutrose-Lackmuslösung (unverändert); in Traubenzucker-Nutrose-Lackmuslösung (wird rot); in Lackmusmolke (geringe Umwandlung des violetten Tons in einen rötlichen); ferner in Langes polytropem Nährboden, der Nutrose, Milchzucker, Mannit, Lackmus und Neutralrot enthält und im Gärkölbchen beimpft wird; Typhus gibt kein Gas, aber Trübung und Rosafärbung in beiden Schenkeln.

Als beste und feinste Differenzierungsverfahren kommen hinzu die Agglutinierbarkeit durch spezifisches Typhusserum, und die spezifische Auflösbarkeit der Typhusbazillen im Pfeifferschen Versuch (s. unten).

Die Resistenz des Typhusbazillus ist trotz des Fehlens von Sporen sehr erheblich. Austrocknen verträgt er für längere Zeit; er kann sogar mit etwas gröberen Stäubchen durch Luftströmungen transportiert werden (s. S. 88). In Wasser ist er, namentlich an Flußufern, im Schlamm usw. lange lebensfähig; auch in Konkurrenz mit zahlreichsten Saprophyten, im Dünger, in Ackererde kann er monatelang am Leben bleiben. Die üblichen desinfizierenden Lösungen müssen mindestens ½ Stunde einwirken, Hitze von 50—60° 1 Stunde.

Übertragung auf die üblichen Versuchstiere ist nicht gelungen, dagegen sind bei Schimpansen auch Fütterungsversuche positiv verlaufen. Bei subkutaner Injektion von Versuchstieren entsteht vorzugsweise Intoxikation durch Endotoxine; erhitzte Kulturen leisten annähernd das gleiche, filtrierte wirken nicht so stark, weil hauptsächlich Endotoxine in Frage kommen. Bei Injektion sehr großer Dosen

lebender Kulturen kommt es vor dem Tode auch zu einer Vermehrung der Bazillen.

Der Typhus-Bazillus ist befähigt, gegen die bakteriolytischen und agglutinierenden Wirkungen des Serums widerstandsfähig zu werden, und zwar kann er sowohl agglutininfest wie bakterizidiefest werden (Bail, Cohn). Die Festigkeit gegen die eine Serumwirkung schließt eine solche für die andere nicht ein. Auch gegen die bakterizidiefesten Typhus-Bazillen kann aktive Immunität erzielt werden. In diesem Falle werden die Bakterien im Immunorganismus nicht aufgelöst, sondern von Phagozyten zerstört. Die Fähigkeit, bakterizidiefest zu werden, ist eine notwendige Eigenschaft virulenter Stämme, bedingt aber die Virulenz nicht. Auch avirulente Stämme lassen sich bakterizidiefest machen, ohne virulent zu werden. Die Festigkeit gegen Agglutinine entwickelt sich unter ganz anderen Bedingungen als die Bakterizidiefestigkeit und ihr Wesen ist gleichfalls ein anderes. Sie geht mit einem Verlust von Agglutinogenen und Geißeln einher, während die Bakterizidiefestigkeit von keinem Antigenverlust begleitet ist (Braun und Feiler, Rosenthal).

Beim Menschen sind unfreiwillige Laboratoriumsinfektionen in größerer Zahl vorgekommen, auch solche, bei denen Infektion auf anderem Wege sicher auszuschließen war, ferner eine absichtliche Infektion durch Kultur mit Typhusausbruch nach 7 Tagen.

Verbreitungsweise und Bekämpfung. Obwohl der Abdominaltyphus in Preußen nur mit etwa 5 Todesfällen auf 100 000 Lebende beteiligt ist, so ist doch das gelegentliche Auftreten der Krankheit in Epidemien geeignet, Beunruhigung in der Bevölkerung hervorzurufen und deshalb energische Bekämpfung unerläßlich.

Als Infektionsquellen kommen die Dejekte und der Harn des Kranken (selten das Sputum) in Betracht, und zwar schon in den ersten gar nicht in ärztliche Behandlung gelangenden Stadien; ferner auch bei leicht Kranken (Kindern!), die oft erst nach Wochen oder überhaupt nicht bettlägerig sind; sodann auch von sog. „Typhusträgern“, entweder Rekonvaleszenten, die in ihren Dejekten und im Harn noch nach Monaten und Jahren Typhusbazillen ausscheiden oder unempfänglichen infizierten Individuen, die nicht erkranken, in denen aber die Typhusbazillen sich gleichwohl längere Zeit aufhalten. Bei größeren Enqueten haben 2—3 % der Typhusrekonvaleszenten noch längere Zeit, die Hälfte von diesen über 3 Monate („Dauerausscheider“) Typhusbazillen in den Dejekten gehabt. Auffällig viel Träger findet man in Irrenanstalten (1 % der Insassen). Unter den Dauerausscheidern finden sich vorwiegend ältere Frauen; oft sind bei ihnen frühere Erkrankungen der Gallenwege, Gallensteine usw. zu konstatieren; der Vegetationsort der Bazillen scheint meist die Gallenblase zu sein. Therapeutische Maßnahmen zur Beseitigung der Bazillen, auch operative Entfernung der Gallensteine, waren ohne Ergebnis.

Da die Typhusbazillen sowohl in trockenen wie in flüssigen Substraten mehrere Monate lebensfähig bleiben, erstrecken sich die Infektionsquellen erheblich weiter als z. B. bei der Cholera; nicht nur Wäsche, Kleider (Beinkleider) usw. können infektiös sein, sondern auch der Tonnen- und Grubeninhalt, in welchen Typhusinjektionen gelangt sind, die Bodenoberfläche, Rinnsteine, Ackererde usw. Von der Bodenoberfläche aus oder durch das Spülwasser der Wäsche können die Bazillen in Schachtbrunnen und in Bäche und Flüsse geraten und das Trinkwasser infizieren. — Milch kann namentlich durch Hantierungen von Dauerausscheiderinnen infiziert werden. Auch Fliegen können bei der Verbreitung eine wichtige Rolle spielen.

Als Transportwege fungieren hauptsächlich Berührungen von Infektionsquellen einerseits, des Mundes andererseits. Wärter und Angehörige sind besonders exponiert; das Wartepersonal der Typhusstation in Hospitälern und ebenso die Wäscherinnen, welche die Wäsche der Typhuskranken zu besorgen haben, werden oft infiziert. In Privatquartieren ereignet sich diese Art der Übertragung außerordentlich noch häufiger und veranlaßt einen erheblichen Prozentsatz der Infektionen. Bei dichter Bewohnung, Mangel an Reinlichkeit, schlechter Entfernung der Abfallstoffe, Verunreinigung der Bodenoberfläche in der Nähe der Wohnung können sich umfangreiche Kontaktepidemien entwickeln, die dem Verlauf von Wasserepidemien ähnlich sind. — Besonders leicht gehen infizierende Kontakte aus von Trägern und Dauerausscheidern. Köchinnen sind auf Grund zahlreicher Feststellungen eine große Gefahr für die Familien, bei denen sie tätig sind. Auch Krankenschwestern, die häufig in Ausübung ihres Berufs einen Typhus durchgemacht haben, können als Dauerausscheider zahlreiche ihrer Pflege überantwortete Menschen infizieren.

Bei einer zweiten Kategorie von Epidemien werden die Typhusbazillen übertragen durch ein vielen Menschen gemeinsames Vehikel, namentlich roh genossene Nahrungsmittel. Plötzliche größere Epidemien sind fast stets zurückzuführen auf Trinkwasser oder Milch von Sammelmolkereien. Werden zentrale Wasserleitungen infiziert (Flußwasserleitungen!), so können gleichzeitige Masseninfektionen von enormem Umfang entstehen (Liegnitz, Gelsenkirchen). Oft werden scharf begrenzte Gruppenerkrankungen beobachtet, bei welchen alle Erkrankten aus dem gleichen verdächtigen Brunnen getrunken hatten, während Umwohner mit anderer Wasserversorgung verschont bleiben. — Ähnlich verhalten sich die durch Milch bewirkten Epidemien; Versorgungsbereich der Molkerei bzw. der Verkaufsstelle und Ausbreitungsgebiet des Typhus decken sich auf das genaueste. — Bei Auf-

tragung des zeitlichen Verlaufs einer Epidemie schließt sich an die steil aufsteigende Kurve der durch Wasser oder Milch verursachten Erkrankungen nach Ablauf von etwa 2 bis 4 Wochen meist eine neue Erhebung der Kurve an, die durch Kontakte von den zahlreichen Ersterkrankten aus verursacht ist.

Eine sichere Aufklärung der Ätiologie beim Typhus gelingt schon wegen der langen Inkubationszeit (2—4 Wochen) nur in etwa 50 % der Fälle; von den aufgeklärten Epidemien sind 70 % auf Kontakte, der Rest auf Wasser und Milch bzw. andere Nahrungsmittel etwa zu gleichen Teilen zurückzuführen.

Die individuelle Disposition scheint zwischen dem 15. und 30. Lebensjahre am größten zu sein. Gastrizismen, Obstipation befördern anscheinend die Entstehung der Krankheit; Gemütsbewegungen wohl nur insofern, als sie leicht zu Gastrizismen und zu großer Sorglosigkeit in der Nahrungsaufnahme führen. — Nach einmaligem Überstehen der Krankheit bleibt eine Immunität gewöhnlich für lange Zeit zurück; zuweilen sind Rezidive nach 5—10 Jahren beobachtet.

Eine ausgesprochene örtliche Disposition zeigt der Abdominaltyphus insofern nicht, als wirklich immune Länder nicht existieren. Eine vermeintliche Immunität einzelner Städte besteht immer nur für einige Jahre; wir sehen, daß gerade der Abdominaltyphus ungemein starke Schwankungen der Frequenz an demselben Orte zeigt, und diese erschweren die Vergleichung verschiedener Städte bedeutend. Gewisse Differenzen der örtlichen Frequenz nach Städten und auch nach Stadtgegenden sind selbstverständlich, da je nach der Wohlhabenheit, Wohndichtigkeit, nach der Art des Wasserbezugs, der Entfernung der Abfallstoffe usw. die Infektionsgelegenheiten erheblich variieren. — Typhushäuser sind entweder solche, welche eine dichtgedrängte, ärmere und vielfach wechselnde Bevölkerung enthalten; oder wo Defekte in der Wasserversorgung und Entfernung der Abfallstoffe vorliegen; oder wo zufällig sog. „Dauerausscheider" ihre Wohnung haben.

Auch eine deutliche jahreszeitliche Disposition macht sich beim Auftreten des Abdominaltyphus nicht überall bemerkbar. Die für ganze Länder erhobenen Zahlen zeigen so gut wie keine jahreszeitliche Schwankung. In der Mehrzahl der Städte zeigt sich aber eine Steigerung der Typhusfälle im Herbst; in München und Prag liegt die Akme im Winter. Die Steigerung der Frequenz im Herbst ist dem Abdominaltyphus mit den verschiedensten Erkrankungen der Verdauungsorgane gemeinsam und vermutlich auf die gesteigerte Disposition zu allen Verdauungskrankheiten zurückzuführen.

Nach v. Pettenkofer ist die Typhusfrequenz in vielen Städten vom Grundwasserstande abhängig. In der Tat ist in München, Salzburg, Frankfurt a. M., Berlin usw. regelmäßig ein Zusammenfallen der höchsten Frequenz mit dem Absinken des Grundwassers beobachtet, und diese Koinzidenz ist um so auffallender, als sie an einigen Orten unbekümmert um die Jahreszeit auftritt; in Berlin im Spätsommer und Herbst, in München im Winter.

Es würde aber durchaus unrichtig sein, wenn man den Schluß ziehen wollte, daß die gesamten Typhusfälle vom Grundwasserstande abhängig seien. Die Steigerung, welche die Zahl der Typhusfälle in dem Quartal mit niedrigstem Grund-

wasserstand über die durchschnittliche Zahl der anderen Quartale erfährt, beträgt nur 10—20 % der gesamten Typhusfälle. Liegt wirklich in dem Sinken des Grundwassers ein die Ausbreitung des Typhus begünstigendes Moment, so wirkt dasselbe jedenfalls nur auf diesen kleinen Bruchteil aller Typhusfälle, und der größte Teil kommt auch ohne solche Mitwirkung und trotz Ansteigens und Hochstandes des Grundwassers zustande.

Die Bekämpfung des Typhus muß damit einsetzen, daß bei den unter verdächtigen Erscheinungen Erkrankten die Diagnose gesichert wird. Da dies auf Grund klinischer Symptome häufig nicht geschehen kann, namentlich nicht bei leichten Erkrankungen, so muß die bakteriologische und serologische Untersuchung zur Hilfe herangezogen werden (s. im Anhang).

Bakteriologisch gelingt die Diagnose am sichersten durch Kultur der Bazillen aus größeren Blutmengen, der Armvene entnommen, oder auch mit Blut und Gewebssaft aus Roseolaflecken; oder durch Züchtung aus den Dejekten oder aus dem (trüben) Harn (s. im Anhang). Mit den letztgenannten Methoden gelingt der Nachweis der Typhusbazillen bei Rekonvaleszenten höchstens in 30 % der Fälle, bei Kranken etwas häufiger.

Die serologische Untersuchung erfolgt am einfachsten und häufigsten durch die Widalsche Probe auf die agglutinierende Fähigkeit des Serums des Erkrankten (s. im Anhang). — Von Chantemesse ist eine „Ophthalmoreaktion" zur Diagnose empfohlen. Von einer sehr verdünnten Lösung von Typhustoxin (Kulturextrakt mit Alkohol gefällt usw.) wird ein Tropfen in das untere Augenlid eingeträufelt. Bei Gesunden tritt eine nach 4—5 Stunden verschwindende leichte Conjunctivitis auf, bei Typhuskranken eine viel heftigere, bis zum folgenden Tage andauernde.

Nach der Sicherung der Diagnose und der polizeilichen Meldung muß die Isolierung des Erkrankten erfolgen. In dichtbewohnten Häusern und bei ärmerer Bevölkerung empfiehlt sich die Überführung der Kranken in ein Krankenhaus, in dem er verbleiben soll, bis er keine Typhusbazillen mehr ausscheidet. Besondere Vorsicht ist in Betrieben anzuwenden, wo eine Infektion von Nahrungsmitteln möglich ist. — In jedem Falle ist für geschultes Pflegepersonal und für sorgfältige Desinfektion während und am Schluß der Krankheit zu sorgen; Bazillenträger, die nicht für Jahre in ihrer Freiheit beschränkt werden können, sind auf die Gefahr, die sie anderen Menschen bringen können, hinzuweisen und zur Desinfektion ihrer Dejekte und zur Reinigung und Desinfektion ihrer Hände anzuhalten.

Ein völliges Tilgen des Typhus wird durch diese Maßnahmen nicht gelingen; namentlich nicht in Gegenden mit stark fluktuierender Bevölkerung (Industriezentren) und zu Zeiten, wo Wallfahrten, Messen u. dgl. stattfinden. — Ist in einer Gegend der Typhus endemisch verbreitet gewesen, so folgen Jahre geringer Typhusfrequenz, weil es an

disponierten Individuen fehlt. Nur Kinder und neu Zuziehende erkranken dann; letztere um so leichter, als zahlreiche Dauerausscheider für Verbreitung des Kontagiums sorgen. — Besonders wichtig ist es, daß die plötzlichen Explosionen vermieden werden, die hauptsächlich Schaden verursachen und Besorgnis erregen. Dies gelingt in erster Linie durch Verbesserung der Wasserversorgung und der Entfernung der Abfallstoffe in der Weise, wie es im 4. und 7. Kapitel beschrieben ist. Auch in den durch Entwickelung der Industrie plötzlich zu großer Bevölkerungsdichtigkeit gelangten Gegenden sind Anlage gut gedeckter Abortgruben, Pflasterung und Entwässerung der Höfe, Reinlichkeit in der Umgebung des Hauses und auf der Straße die besten Mittel, um die jetzt noch vielfach gefahrdrohende Ausstreuung von Kontagium zu verhüten.

Immunisierung und Serumtherapie. Aktive Immunisierung ist früher prophylaktisch bei englischen in Indien, Ägypten und Südafrika stehenden und der Typhusinfektion stark ausgesetzten Truppenteilen, bei einem Teil der deutschen nach Südafrika geschickten Truppen und im Heere der Vereinigten Staaten von Nordamerika versucht; in größtem Umfang bei den verschiedenen Armeen des Krieges 1914—18.

Die Herstellung des Impfstoffes erfolgte ursprünglich (1896) nach den Angaben von Pfeiffer und Kolle durch Erhitzen von Agarkulturaufschwemmung in Kochsalzlösung 1½ Stunden auf 60°. Später sind viele Modifikationen probiert: von Neisser-Shiga und von Wassermann Autolysate; von Brieger und von Levy Schüttelextrakte; beiden wird vorgeworfen, daß die Impfstoffe nicht gleichmäßig genug ausfallen. Dasselbe gilt von dem Vincentschen (Autolysat, mit Äther abgetötet, polyvalent) und dem Besredkaschen Vaccin (sensibilisierte Bazillen). Castellani hat Impfung zuerst mit abgetöteten, dann mit lebenden Bazillen empfohlen (gefährlich und unsicher). — Von Wright und Leishmann in England und von Russell in den Vereinigten Staaten ist Erhitzung der Bazillen bei möglichst niedriger Temperatur empfohlen, um die lokalen Reaktionserscheinungen zu verringern; auch Fornet betont, daß keine Abbauprodukte von Eiweißstoffen vorhanden sein dürfen und entfernt letztere durch Dialyse vor dem Erhitzen.

In der deutschen Armee wurde 1914 folgender Impfstoff eingeführt:

Um den kleinen Abweichungen im Rezeptoren-Apparat, die nach vielen Erfahrungen bei verschiedenen Stämmen von Typhusbazillen vorkommen, Rechnung zu tragen, wurde ein polyvalenter Impfstoff hergestellt, aus 6 bei verschiedenen Epidemien herausgezüchteten Stämmen, die gemischt weitergezüchtet wurden. Um gleichmäßige Abmessungen zu ermöglichen, wurden von der 24stündigen Agarkultur in Kolleschalen je eine mit 540 ccm Kochsalzlösung + 60 ccm 5 % Phenol abgeschwemmt (1 Kolleschale = 200 Ösen, 1 Petrischale = 66 Ösen, 1 Reagenzglaskultur = 10 Ösen; 1 Öse = 2 mgr = 1800 Millionen Typhusbazillen). Die Abschwemmung durch Gaze filtriert, in braunen Fläschchen mit Glas-

stopfen 1 Stunde auf 53° erhitzt; dann bei 37° gehalten, nach 1 und nach 2 Tagen Sterilitätsproben in Bouillon. 1 ccm entspricht ⅕ Öse Kultur. — Die fertigen Impfstoffe werden auf richtige Konzentration geprüft a) durch Zählung in Zeiss-Thomascher Kammer. b) durch Beobachtung der Transparenz im Mohrmannschen Apparat. Bei älteren Impfstoffen sind beide Methoden nicht anwendbar, weil die Bazillenleiber allmählich durch Autolyse aufgelöst werden. Das Antigen ist trotzdem erhalten und daher kann dann der Gehalt nur durch Prüfung der Schutzwirkung im Tier gemessen werden.

Die Einspritzungen erfolgen oberhalb der linken Brustwarze, nachmittags. Bei der ersten Einspritzung 0,5 ccm; nach 7 Tagen zweite und nach abermals 7 Tagen dritte Injektion von je 1 ccm. Danach tritt Frösteln, Unbehagen, Schmerz an der Impfstelle ein, die Temperatur erhebt sich meist bis 38,5°. Nach 48 Stunden normales Befinden.

Der Impfschutz ist kein absoluter, aber deutlich. Die statistischen Erhebungen über die Wirkung sind allerdings oft fehlerhaft. Vor allem darf kein Vergleich gezogen werden, z. B. zwischen 1870 und 1914. In ersterem Jahre war die Typhusfrequenz bei Zivil und Militär etwa 20mal größer als 1914 vor Einführung der Schutzimpfung. Ferner lassen sich aus Vergleichen zwischen Truppenteilen in den Jahren 1914—18 nicht immer Schlüsse ziehen, weil die Exposition bei verschiedenen, teils geimpften, teils ungeimpften Truppenteilen und ebenso bei dem gleichen Teil vor und nach der Impfung oft ganz ungleich war. Immerhin hat sich einwandfrei ergeben, daß 1. die Erkrankungsziffer durch die Schutzimpfung herabgesetzt wird. Einzelne Erkrankungen kommen allerdings trotzdem vor; es handelt sich dann anscheinend um Menschen, deren Vermögen, Typhusschutzstoffe zu produzieren, von vornherein sehr gering war, die also besonders stark disponiert waren; oder um massive Infektionen (Wasserinfektion; Reinkultur-Infektionen in Laboratorien). 2. war die Letalität der Schutzgeimpften geringer; Todesfälle sind so gut wie niemals beobachtet. — In Friedenszeiten wird sich die allgemeine Immunisierung für eine ganze Bevölkerung schwer durchführen lassen; wohl aber für besonders gefährdete Gruppen von Menschen (Pfleger, Angehörige).

Versuche, die von hochgradig immunisierten Tieren erhaltenen Sera, die zu diagnostischen Zwecken vorzügliche Dienste leisten, auch zur Serumtherapie auszunutzen, sind meist fehlgeschlagen; man fürchtet von ihnen sogar eine ungünstige Wirkung, insofern die Auflösung von Typhusbazillen durch das Serum ein schädigendes Freiwerden von Toxinen im Körper veranlassen könnte. Auch möglichste Aufschließung der Endotoxine und Herstellung eines mehr antitoxischen Serums für therapeutische Zwecke ist versucht (Chantemesse, Conradi) ohne befriedigenden Erfolg.

Preußisches Seuchengesetz: Anzeigepflicht, Ermittelungen und Maßregeln im allgemeinen wie oben S. 573. Nicht recht begründet ist die Bestimmung, daß „die Absonderung nicht eher aufzuheben ist, als bis die Ausleerungen bei zwei durch eine Woche getrennten bakteriologischen Untersuchungen sich als frei von Typhusbazillen erwiesen haben. Ist dies jedoch 10 Wochen nach Beginn der Erkrankung noch nicht der Fall, so ist die Absonderung aufzuheben und der Kranke als Bazillenträger zu behandeln.“ Da unsere Untersuchungsmethoden höchstens mit 30 % Wahrscheinlichkeit eine sichere Diagnose durch bakteriologische Untersuchung der Fäzes gestatten, ist es richtiger, den Entscheid über die Entlassung nicht von dieser, sondern lediglich von dem Zeitmaß seit Beginn der Krankheit abhängig zu machen.

11. Krankheitserreger in den Gruppen B. aërogenes und B. coli.

Der Typhusbazillus weist viele Ähnlichkeiten auf mit Bazillenarten, denen man gemeinsam die obige Bezeichnung gegeben hat. Zur Gruppe des B. aërogenes rechnet man verschiedene Arten und Varietäten, die im Gegensatz zum Typhusbazillus unbeweglich sind und auf Gelatineplatten ohne Verflüssigung, meist als dickere, porzellanweiße Tröpfchen, wachsen. Aërogenesarten kommen regelmäßig im Darm vor. Ferner gehört hierher ein Erreger der Milchsäuregärung, der bei Blutwärme unter den spontan in der Milch sich entwickelnden Gärungserregern in den Vordergrund tritt.

Auch pathogene Wirkungen gehen von Aërogenesarten aus. Namentlich gehören die häufigsten Erreger von Cystitis und die Erreger der bazillären Dysenterie (s. unten) zu dieser Gruppe.

Einige Arten zeichnen sich dadurch aus, daß die Bazillen im Tier- und Menschenkörper mit sog. Kapseln auftreten; sie wachsen üppig und bilden dicke schleimige Auflagerungen. Zu diesen gehören z. B. der Pneumobazillus Friedländers, die Ozaena- und Rhinosklerombazillen.

Zur Gruppe B. coli rechnet man zahlreiche, ebenfalls im Darminhalt lebende Arten, die als kurze, bewegliche Stäbchen auftreten, mit mehreren perithrichen Geißeln, ohne Sporen, nach Gram nicht färbbar. Im Gegensatz zum Typhusbazillus, vergären sie Traubenzucker und meist auch Milchzucker unter Säure- und Gasbildung.

Auf Kartoffeln bilden sie gelbräunliche Auflagerungen; in Bouillon liefern sie Indol; Milch wird koaguliert; traubenzuckerhaltige feste Nährböden werden durch Gasbildung zerklüftet; Neutralrot wird reduziert; auf Drigalski-Platten entstehen große, dicke Kolonien von himbeerroter Farbe. — Unterscheidung der Stämme durch Agglutination gelingt nicht recht; ein Serum pflegt den homologen Stamm und daneben einige andere Stämme zu agglutinieren, andere wieder nicht; zuweilen treten statt agglutinierter Haufen lange Fäden auf (Pfaundler). Die

Schwierigkeit der Differenzierung wird dadurch erhöht, daß bei den Stämmen dieser Gruppe leicht biologische Variationen eintreten.

Coliarten findet man regelmäßig in den Fäzes (selbst bei an der Brust genährten Säuglingen). Bei den verschiedensten Darmaffektionen des Menschen ergeben die Dejekte fast Reinkultur von Colibakterien, so bei Cholera nostras, Cholera asiatica, Typhus usw., ohne daß daraus eine ätiologische Bedeutung für die betreffende Krankheit gefolgert werden dürfte. Manchen Varietäten kommt aber pathogene Wirkung (Eiter- und eventuell sogar Sepsiserregung) zu, wenn sie von ihrer gewöhnlichen Wohnstätte in empfänglichere Gebiete verschleppt werden; so können sie Katarrh der Gallenwege, Gallenstauung, Gallensteinbildung veranlassen; ferner Peritonitis nach Darmperforation oder nach Operationen am Darm; auch Cystitis, wenngleich weniger häufig als Aërogenesstämme. — Ferner gehören dahin:

12. Bacillus paratyphi und B. enteritidis.

Als Paratyphus-B bezeichnet man eine Erkrankung, die mit dem Typhus viel Ähnlichkeit hat. Klinisch tritt häufiger ein leichter Verlauf ein, als bei Typhus; die Mortalität ist geringer, Rezidive seltener. Erscheinungen von Dickdarmkatarrh treten in den Vordergrund; Veränderungen im Dünndarm fehlen fast ganz. Indessen kommen auch Erkrankungen vor, die wie Typhus verlaufen. — Eine zweite Abart, Paratyphus-A, klinisch dem Typhus sehr nahestehend, kam früher hauptsächlich in warmen Ländern vor, im Kriege ist er auch bei uns häufig geworden.

Der Paratyphus-B-bazillus ist ein sehr lebhaft bewegliches Stäbchen, dem Typhusbazillus im Verhalten ähnlich, jedoch dadurch unterschieden, daß er 1. in Lackmusmolke anfangs rote, später blaue Färbung bewirkt; 2. in Milch stark alkalische Reaktion und Gelbfärbung; 3. in Neutralrotagar Gasbildung und Reduktion; 4. durch Paratyphusserum agglutiniert wird. — Zur Züchtung aus den Dejekten empfiehlt sich Vorkultur auf Malachitgrünplatten, dann Endo- oder Drigalski-Platten. Zur Diagnose ist auch die Widalsche Probe verwendbar; im Blut der Kranken zeigt sich gewöhnlich kräftige Agglutination von Paratyphusbazillen, daneben viel schwächere Agglutination von Typhusbazillen (Mitagglutination, s. S. 626). Bei beiderseitig hohem Titer ist der Castellanische Versuch anzustellen. — Die Paratyphusbazillen zeigen größere Resistenz als die Typhusbazillen. Träger kommen vor, aber weniger Dauerausscheider. — Von Versuchstieren sind Mäuse und Meerschweinchen sehr empfänglich.

Natürliche Verbreitung und Bekämpfung wie bei Typhus. Übertragung hauptsächlich durch Nahrungsmittel (sog. Fleischvergiftungen), gelegentlich durch Wasser und Kontakte.

In den Ausführungsbestimmungen zum Preußischen Seuchengesetz ist in der „Anweisung für die Bekämpfung des Typhus“ in § 1 hinter Unter-

leibstyphus hinzugefügt „auch in der Form des Paratyphus". Der Paratyphusbazillus ist aber ungleich verbreiteter als der Typhusbazillus. Dejekte von gesunden Schweinen, Mäusen, auch Menschen (von 400 gesunden Soldaten bei 13 gefunden) enthalten ihn häufig; in Oberflächenwasser, Roheis usw. wird er gefunden. Es ist daher fraglich, ob die Gleichstellung von Typhus und Paratyphus im Seuchengesetz sich aufrecht erhalten läßt.

Bei der Fleischvergiftung ist vielfach eine andere Varietät als Erreger anzusprechen, der Bac. enteritidis Gärtner, ein sich kulturell wie Paratyphus verhaltender Bazillus, der von Paratyphusserum nicht agglutiniert wird.

Paratyphusbazillen sind auch bei Schweinepest, Mäusetyphus, Papageienkrankheit usw. beobachtet. Die Schweinepest (Hogcholera, peste du porc, Pneumoentérite infectieuse) bewirkt vorwiegend im Dickdarm diphtherische Prozesse, später Sepsis. Die Krankheit ist auf Mäuse, Kaninchen, Schweine übertragbar. Als Erreger wurde früher der Bac. suipestifer angesprochen, der vom Paratyphusbazillus nicht zu unterscheiden ist, insbesondere auch nicht durch Agglutination. Aktive Immunisierung schien zu gelingen mit dem (zur Vertilgung von Mäusen praktisch verwendeten) Mäusetyphusbazillus, der von vielen nur als ein an Mäuse angepaßter und für diese hochvirulenter Stamm des Paratyphusbazillus angesehen wird. Serumtherapie war ohne Erfolg.

Dorset, Bolton, Salmon, Uhlenhuth u. a. haben aber gezeigt, daß bakterienfrei filtriertes Blut von Schweinepest-Tieren die Krankheit zu übertragen vermag, und daß der Bac. suipestifer nur die Rolle eines sekundären Ansiedlers spielt. — Die Schweinepest ist nicht zu verwechseln mit der Schweineseuche (Swine-plague, Pasteurellose du porc), bei welcher multiple mortifizierende Pneumonie in den Vordergrund tritt, und deren Erreger der Bac. suisepticus ist, ovoide Bakterien mit Polendenfärbung, unbeweglich, die hauptsächlich auf dem Inhalationswege den Körper infizieren, und gegen die ein polyvalentes Serum gute Erfolge ergeben hat.

13. Dysenterie- und Pseudodysenteriebazillen (Ruhrbazillen).

a) Neben der hauptsächlich in tropischen Ländern endemischen, mehr chronisch verlaufenden Amöbenruhr (s. unten) kommt es in unseren Breiten oft zu kleineren oder größeren Epidemien von Ruhr, deren Erreger von Kruse und Shiga beschrieben sind. Man findet den Bazillus bei der Sektion, entsprechend dem Sitz der Erkrankung, in der entzündeten und Epithelnekrosen, Geschwüre und diphtherische Auflagerungen aufweisenden Schleimhaut des Dickdarms; intra vitam im Schleim der Dejekte, oft in Menge in Leukozyten eingelagert.

Der Bazillus ist plump, unbeweglich; wächst in zarten typhusähnlichen Kolonien, verhält sich allen Differenziernährböden gegenüber wie Typhus, nur tritt in Lackmusmannitnährböden keine Rötung, sondern höchstens Hellerwerden der blauen Farbe durch Reduktion ein; ferner ist er durch agglutinierendes Ruhrserum (von vorbehandelten Ziegen, Hammeln usw. durch intravenöse Injektion abgetöteter Ruhrbazillen erhalten) sicher zu diagnostizieren. — Zum Nachweis in

den Dejekten kann man zunächst ein mikroskopisches Präparat anfertigen. Daneben unbedingt Kultur auf Endo- und Drigalski-Platten (s. im Anhang). Die Widalsche Reaktion ist sehr oft schon vom 5. Tage an positiv (1 : 50 und mehr) und gerade bei dieser Form der Ruhr diagnostisch wertvoll.

Die Resistenz des Bazillus ist etwas geringer als die des Typhusbazillus. Übertragungen auf Tiere durch Fütterung gelingt nicht. Bei Injektion tritt namentlich an Kaninchen starke Giftwirkung zutage durch ein hitzeempfindliches Toxin, das schon in den frischen Bazillenleibern vorhanden und aus ihnen durch Ausziehen in der Wärme leicht zu gewinnen ist, in älteren Bouillonkulturen aber von selbst in die Flüssigkeit übertritt, so daß man es ebensogut als Endo- wie als Ektotoxin bezeichnen kann. Kaninchen erkranken nach intravenöser Einspritzung unter Lähmungen, nicht selten auch mit hämorrhagischer Entzündung des Dickdarms. Außerdem bilden die Bazillen ein hitzebeständiges Endotoxin, das Meerschweinchen (wie Cholera- und Typhusgift) unter Temperaturabfall tötet. — Beim Menschen bewirkt subkutane Injektion kleiner Mengen abgetöteter Kultur ebenfalls heftige Reaktionserscheinungen, so daß aktive Immunisierung recht unangenehme Beschwerden verursacht.

Verbreitung ganz vorzugsweise durch Kontakte; starke Beteiligung der Fliegen. Chronische Formen mit Dauerausscheidung scheinen wie beim Typhus in Betracht zu kommen. Zuweilen Übertragung durch Nahrungsmittel, selten durch Brunnenwasser. Wasserleitungsinfektionen und überhaupt Explosionen sind nicht beobachtet. Epidemien fast nur im Spätsommer. — Bekämpfung wie beim Kontakttyphus; Desinfektion der Fäzes (nicht des Harns), der Aborte, Höfe usw. besonders wichtig; prophylaktisch namentlich gute Einrichtungen zur Entfernung der Abfallstoffe; Fliegenschutz.

Aktive Immunisierung ausgeschlossen (s. oben); dagegen besitzt das Ruhrserum (aus Bazillenleibern oder alten Bouillonfiltraten vom Pferde gewonnen) sowohl antitoxische als bakterizide und bakteriotrope Wirksamkeit und hat sich therapeutisch gut, prophylaktisch insofern nicht bewährt, als der Schutz zu kurz vorhält.

Über die aus aktiver und passiver Immunisierung kombinierten Schutzimpfungs-Verfahren (Shigas Simultan-Methode, Boehnckes „Dysbacta“, Ruhrimpfstoff von Ditthorn und Löwenthal) lassen die bisherigen Erfahrungen noch kein abschließendes Urteil zu. Das Gleiche gilt von Boehnckes „Ruhrheilstoff“, der, wie der Impfstoff, abgetötete Bazillen verschiedener Typen und Kruse-Bazillen-Toxin enthält.

b) Von den „echten“, zuerst gefundenen und gefährlicheren Dysenteriebazillen zu unterscheiden sind die von Kruse so bezeichneten Pseudodysenteriebazillen, die in der Literatur auch unter dem Namen „Dysenteriebazillen vom Typus Flexner“ oder „Y“ (Hiss-

Russell) geführt werden. Diese haben in Kulturen die gleichen Eigenschaften, nur röten sie Lackmusmannitagar (wie die Typhusbazillen). Im Tierversuch (an Kaninchen) zeigen sie sich ferner wenig giftig. Durch echtes Dysenterieserum vom Tier und Menschen werden sie nicht agglutiniert, wohl aber durch Serum von Tieren, die mit ihnen geimpft waren. — Für andere Rassen, die auch als Erreger von Pseudoruhr angesprochen werden, ist diese Zugehörigkeit zweifelhaft (Braun und Liess).

Die Pseudoruhr unterscheidet sich von der echten durch ihren viel milderen Verlauf. Sie kommt sporadisch, aber auch oft genug epidemisch z. B. beim Militär und bei Kindern (als sog. Enteritis follicularis) vor und herrscht außerdem endemisch in vielen Irrenanstalten („Dysenterie der Irren"). Am häufigsten ist bei uns, namentlich auf Truppenlagerplätzen, der Typus Y.

Preußisches Seuchengesetz. Die Bestimmungen sind konform denen bei Typhus, nur daß die Anzeige und Absonderung der Krankheitsverdächtigen, sowie die Ermächtigung, eine Öffnung der Leiche vorzunehmen, fortfällt. Bei dem einzusendenden Untersuchungsmaterial kommen nur Dejekte und Blut, nicht Harn, in Betracht.

14. Bazillen der hämorrhagischen Sepsis (Erreger der Hühnercholera, Wildseuche usw.)

Die Erreger der Hühnercholera sind kurze, oft Mikrokokken-ähnliche Bazillen, die sich zum Teil nur an den Polenden färben. Gramnegativ, sporenfrei, unbeweglich. In Kulturen zarte Auflagerungen. In alten Kulturen viel Involutionsformen. Virulenz schwankend. Frisch gezüchtete Bazillen töten Hühner, Gänse, Enten, Fasanen durch Einimpfung kleinster Mengen und durch Verfütterung; Kaninchen nur durch ersteren Modus. Tod meist in 1—2 Tagen an echter Sepsis mit massenhafter Verbreitung in Blut; im Darm, Lunge usw. Härmorrhagien. — Natürliche Verbreitung unter dem Geflügel durch die Fäzes und Aufnahme der Bazillen per os. — Von Pasteur, dem Entdecker des Erregers, wurde eine aktive Immunisierung eingeführt. Neuerdings ist auch passive Immunität mit von Pferden gewonnenem Serum versucht; kurzdauernder Schutz.



Fig 183. Bazillen der Kaninchenseptikämie aus Sperlingsblut (nach Koch) 700:1.

Sehr ähnliche Bakterien mit gleichen Wirkungen sind bei Wildseuche, Kaninchenseptikämie, Schweineseuche (s. oben Nr. 11) u. a. m. gefunden. — Zu dieser Gruppe von Erregern gehört:

15. Bacillus pestis (Pestbazillus).

Bei Pestkranken zuerst von Yersin nachgewiesen. Die Bazillen finden sich bei Bubonenpest in der die Infektionsstelle darstellenden Pustel und im Inhalt des künstlich eröffneten Bubo; bei Pestsepsis im

Blut; bei Pestpneumonie im Sputum. Es sind kurze, plumpe, unbewegliche sporenfreie Stäbchen; meist nur an den Polenden die Farbe behaltend, so daß in der Mitte eine ungefärbte Lücke bleibt (vgl. oben die B. der Hühnercholera). Nicht nach G r a m färbbar. Häufig Involutionsformen, auch in den Bubonen und in der Leiche.

In Bouillonkulturen Ketten- und unter Umständen Stalaktitenbildung. — Leicht zu züchten, am besten bei 30 °, aber auch bei 37 ° und bei 5 ° wachsend. Die Kolonien auf Agar sind wenig charakteristisch; auf Gelatineplatten zeigen

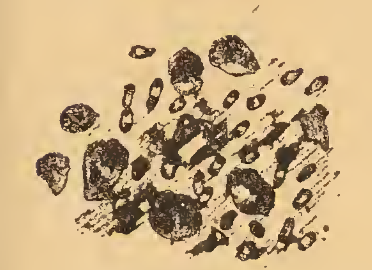


Fig. 184 Ausstrich von Pestbubo. 800:1.



Fig. 185. Involutionsformen der Pestbazillen auf Salzagar. 800:1.

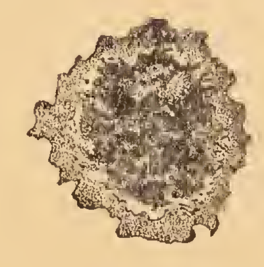




Fig. 186. Pestkolonien auf erstarrter Gelatine. 100:1.

sich bei 60facher Vergrößerung warzenförmige nicht verflüssigende Kolonien, die von einer unregelmäßig gezackten, hellen, fein granulierten Randzone umgeben sind. In den Kulturen fehlt die Polfärbung; zuweilen entstehen Fäden, unter anderen Verhältnissen Ketten von ganz kurzen Gliedern. Auf Agar mit 1—2 % ClNa-Zusatz bilden die Bazillen aufgequollene Degenerationsformen, die in gleichem Grade bei anderen Bakterien nicht beobachtet werden.

Die R e s i s t e n z der Bazillen ist gering. In flugfähigen trockenen Staub können sie nicht lebend übergehen; unter schützenden Schichten von Sputum, Schmutz u. dgl. können sie dagegen Wochen und Monate infektiös bleiben. Durch Hitze (60 ° 1 Stunde) und Chemikalien (1 Promille Sublimat weniger als 1 Minute) werden sie leicht abgetötet.

Empfängliche V e r s u c h s t i e r e findet man unter den Nagern, aber auch unter anderen Tiergattungen. E p i z o o t i e n kommen namentlich vor unter den Ratten und bei einer sibirischen Abart von Murmeltieren (Arctomys bobac, Tarbaganen); künstlich übertragbar ist die Krankheit auf Meerschweinchen, Mäuse, Kaninchen, Affen usw. — Die Virulenz nimmt leicht ab bei fortgesetzter Züchtung; die Stämme verhalten sich aber sehr verschieden. Ektotoxine werden nicht produziert, nur im Tierkörper und beim Absterben der Bazillen in Kulturen werden aus den Leibern Endotoxine frei. — Mehrfach haben Übertragungen auf M e n s c h e n unabsichtlich durch Kulturen im Laboratorium stattgefunden, stets mit tödlichem Ausgang. Zu T i e r experimenten für d i a g n o s t i s c h e Z w e c k e eignen sich am besten Meerschweinchen und Ratten.

M e e r s c h w e i n c h e n sterben nach intraperitonealer oder subkutaner Einbringung kleinster Bazillenmengen oder nach kutaner Verreibung des Materials auf die rasierte Bauchhaut (besonders geeignet bei stark verunreinigtem Material)

an Sepsis; in den regionären Lymphdrüsen, in der von Knötchen durchsetzten Milz, in Lunge, Leber usw. finden sich Massen von Pestbazillen. Bei chronischem Verlauf entstehen in Milz und Lunge größere tuberkelähnliche Knoten. Ratten werden durch Einstiche mit einer infizierten Nadel an der Schwanzwurzel sicher infiziert. Ferner gelingt hier fast stets die Infektion durch Verfütterung. Auch Aufstreichen auf die unverletzte Konjunktiva oder Nasenschleimhaut führt zum Ziele; ebenso Inhalation von Bazillenaufschwemmung. Mäuse, Kaninchen sind weniger empfänglich. Bei Ratten werden pestähnliche Erkrankungen auch durch andere Bakterien der Hühnercholera-Gruppe hervorgerufen. — Als Material zur Untersuchung dient je nach der Form der Erkrankung Pustelinhalt, Drüsensaft des uneröffneten Bubo, Blut, Sputum, Harn; bei der Sektion ein primärer Bubo, Blut, Milz- und Lungenteile. Das Blut zeigt spezifische Agglutinine unregelmäßig und meist erst vom neunten Krankheitstage ab, die Widalsche Probe ist daher bei Erkrankten zur Diagnose nicht geeignet, wohl aber eventuell zur Feststellung abgelaufener Fälle. Dagegen ist das Serum vorbehandelter Tiere durch seinen hohen Agglutinationstiter für die Differenzierung von Pestbazillen sehr wertvoll.

Epidemiologie. Die Beulenpest (Bubonenpest) ist in Europa seit dem sechsten Jahrhundert bekannt. Im Mittelalter forderte sie in fortgesetzten Epidemien ungezählte Opfer; erst gegen Ende des 17. Jahrhunderts macht sich eine Abnahme bemerklich, von der Mitte des 18. Jahrhunderts ab ist von Europa nur noch der Südosten, die Balkanhalbinsel, häufiger ergriffen. Seit Mitte des 19. Jahrhunderts blieben auch die an Europa grenzenden Teile Vorderasiens und Afrikas von Pest frei. Dafür entwickelten sich neue Pestherde in Tripolis, Persien, Mesopotamien. 1896 trat die Pest in Bombay, Karachee, Nagpur und anderen Teilen Indiens auf, wo sie bis jetzt etwa 12 Millionen (!) Todesfälle verursacht hat, 1898—99 auf Madagaskar, Mauritius, in Alexandrien; dann in Südamerika (Santos); ferner wurde sie in den letzten Jahren mehrfach nach Europa eingeschleppt, so nach Porto, Lissabon, Plymouth, Triest, Hamburg usw. Endemische Zentren existieren zurzeit im westlichen Himalaya; in Tibet; in Ägypten; in Kisiba in Ostafrika, in Südamerika. Von diesen Zentren aus scheint die Pest immer wieder gelegentlich in die Nachbarländer verschleppt zu werden. Die letzte Ausbreitung betraf die Mandschurei, wohin sie aus den endemischen Transbaikalherden verschleppt war (Tarbaganenpest).

Der Erreger dringt in den meisten Fällen von der Haut aus ein, verursacht primäre Pusteln oder Furunkel an der unteren oder oberen Extremität, oder an Hals, Kopf, Mund; auch von der Mund- oder Nasenschleimhaut (namentlich Tonsillen) aus kann die Infektion erfolgen. Von da aus entwickelt sich in den zugehörigen Lymphdrüsen ein Pestbubo als schmerzhafte, teigige, nicht zirkumskripte Geschwulst. Diese Form der Erkrankung kann in 30—50 % der Fälle in Heilung ausgehen, indem

sich der Bubo zerteilt oder aufbricht. Auch im letzteren Fall gelangen keine Pestbazillen nach außen, da im Eiter lebende Erreger stets vermißt werden. — Bei Aufnahme des Kontagiums in die Blutbahn (direkt oder durch insuffiziente Drüsen) entsteht Pestsepsis, von schlechterer Prognose, oft mit Pneumonie und zuweilen mit Darmpest einhergehend. — Drittens entsteht durch Einatmung der Erreger primäre Pestpneumonie von schlechter Prognose; Genesung oft mit sehr protahierter Rekonvaleszenz.

Während der an Bubonenpest Erkrankte kaum Infektionsquellen liefert, scheidet der septisch Erkrankte in den verschiedenen Exkreten Pestbazillen aus. Vor allem ist aber der an primärer oder sekundärer Pestpneumonie Erkrankte dadurch gefährlich, daß er beim Husten Sputumtröpfchen mit Pestbazillen in die Luft verschleudert. Dasselbe geschieht bei dem terminalen Lungenödem, mit dem tödlich verlaufende Sepsisfälle zu enden pflegen. Auch im Rekonvaleszentenstadium vermag der Pneumoniker noch solche Ausstreuung zu bewirken. — Ferner kann das ausgeschiedene Sputum lebende Bazillen enthalten; im Auswurf von Rekonvaleszenten wurden noch 76 Tage nach Beginn der Erkrankung virulente Erreger nachgewiesen. In Form von flugfähigem Staub kann das Sputum nicht infizierend wirken, da die Erreger die hierfür unerläßliche vollständige Austrocknung nicht vertragen.

Gefährliche Infektionsquellen liefern die Hausratten. Sie sind für Pestbazillen außerordentlich empfänglich und pflegen fast stets die Ersterkrankten zu sein; die Erkrankungen von Menschen treten erst auf, wenn bereits eine Rattenepidemie eine Zeitlang bestanden hat. Die Ratten erkranken nicht nur an Pestsepsis, sondern sehr häufig an primärer Darmpest und können per os infiziert werden. Harn und Fäzes enthalten reichlich Pestbazillen; die Krankheit verbreitet sich unter den Ratten dadurch, daß die gesunden Tiere mit den überall verstreuten Fäzes der kranken in Berührung kommen, daß sie die toten Tiere annagen, namentlich aber dadurch, daß Flöhe die Erreger von letzteren auf die gesunden Tiere übertragen. Da die erkrankten Ratten die Scheu vor den Menschen verlieren, kommt es sehr leicht dazu, daß besonders durch Flöhe, und zwar durch deren Exkremente, Übertragungen auch auf Menschen erfolgen. Unter den Flöhen der Ratte ist besonders Pulex cheopis für Menschen und Ratten gefährlich. — In Europa ist die Gefahr der Übertragung von Ratten auf Menschen weit geringer, weil hier die Hausratte durch die viel scheuere und daher weniger gefährliche Wanderratte verdrängt ist, während in Indien noch die Hausratte vorherrscht.

Die Infektionswege sind 1. Berührungen der genannten Infektionsquellen. 2. Einatmung der beim Husten der Pestpneumoniker

oder beim Lungenödem der Sterbenden verstreuten Tröpfchen. 3. Der Stich von Pulex cheopis; gelegentlich auch von anderen Flöhen.

Die individuelle Disposition zeigt wenig Unterschiede, auch bezüglich des Alters. Nach einmaligem Überstehen der Krankheit stellt sich ausgesprochene Immunität ein.

Eine örtliche Disposition tritt insofern in ausgeprägter Weise hervor, als die Krankheit Neigung zeigt, sich in einzelnen Häusern festzusetzen. Die Krankheit erlischt unter den Insassen, wenn sie das Haus verlassen; sie tritt wieder auf bei erneuter Bewohnung. Offenbar sind derartige Häuser Rattenhäuser. Eine gründliche Desinfektion, welche zugleich die Ratten vertilgt und verscheucht, beseitigt die Disposition eines solchen Hauses.

Die Einschleppung der Seuche in Europa erfolgt wohl fast immer durch Schiffe und durch die mit diesen transportierten kranken Ratten. In den Häfen geht eine verdächtige Sterblichkeit unter den Schiffsratten der Übertragung auf Menschen voraus. — Die weitere Entwickelung der Seuche ist stets eine langsame; nicht durch Explosionen, wohl aber durch zähes Haften und häufiges Wiederaufflackern ist sie ausgezeichnet. — Zwischen Ansteckung und neuer Erkrankung liegt eine Inkubationszeit von 7—10 Tagen.

Die Bekämpfung hat zunächst die Hinderung der Einschleppung der Erreger ins Auge zu fassen. Nach den Bestimmungen der Pariser Sanitätskonferenz von 1903 sind Schiffe nur dann, wenn verdächtige Erkrankungen vorgekommen sind, einer 10tägigen Quarantäne zu unterwerfen. Eine Überwachung des Reiseverkehrs zu Lande erscheint nicht angezeigt. Die Einfuhr von Lumpen und getragener Wäsche kann verboten werden.

Nach der Einschleppung einer verdächtigen Erkrankung hat vor allem die bakteriologische Sicherung der Diagnose zu erfolgen. Diese ist nur in besonderen „Pestlaboratorien“ auszuführen; das Material ist nicht einzusenden, sondern von dem Leiter oder Assistenten des Laboratoriums am Ort der Erkrankung zu entnehmen.

Weiter muß die Isolierung des Kranken in üblicher Weise erfolgen. Das Pflegepersonal ist womöglich zu immunisieren. Sorgfältige Desinfektion ist selbstverständlich. — Prophylaktisch ist Freihaltung der Wohnungen von Ungeziefer und vor allem von Ratten wichtig.

Auf Schiffen hat sich in Hamburg Ausräuchern mit unexplosibelem Generatorgas (5 % CO, 18 % CO_2, 77 % N) am besten bewährt. Andere empfehlen SO_2 (Clayton-Apparate) oder Piktolin (flüssige SO_2 + CO_2); als vorläufige Maßregel Auslegen von Ackerlon, eines Meerzwiebel enthaltenden, für Hunde, Katzen und Vögel unschädlichen Präparats. Zu Lande ist systematisches Auslegen von Phosphorbrei, Ackerlon und dgl. namentlich in den Kanälen zu

versuchen. Die Vernichtung durch rattenpathogene Bakterien ist schwierig, weil die Virulenz der Bakterien und die Empfänglichkeit der Wanderratten stark schwankt.

Immunisierung und Serumtherapie. — Aktive Immunisierung läßt sich bei empfänglichen Tieren am besten durch abgeschwächte Erreger herstellen; jedoch ist die Abschwächung so unregelmäßig, daß das Verfahren für Menschen vorläufig nicht zulässig ist. Beim Menschen entsteht nach dem Überstehen der Krankheit eine ausgesprochene, meist mehrere Jahre anhaltende Immunität. Künstlich kann sie durch subkutane Injektion vorsichtig abgetöteter Kulturen hervorgerufen werden.

Hauptsächlich sind drei Verfahren empfohlen: a) Haffkine erhitzt 4 Wochen alte Kulturen in Butterbouillon auf 70°; davon wurden ½—3 ccm, nach 8 Tagen ebensoviel injiziert. Impfschutz vom siebenten Tage an; Dauer 6 Monate. b) Die Deutsche Pestkommission benutzt Agarkulturen, die in Kochsalzlösung 1 Stunde auf 65° erhitzt und dann mit ½% Phenol versetzt sind; ½—1 Kultur injiziert. c) Lustig: Extrakt mit schwacher Kalilauge aus den Kulturen, neutralisiert, filtriert, getrocknet. — Nur mit dem Haffkineschen Verfahren sind in großem Umfang Versuche angestellt; 4—20 % der Geimpften sind erkrankt, 2—8 % sind an Pest gestorben, was immerhin eine erhebliche Schutzwirkung bedeuten würde.

Trotz der unvollständigen Wirkung empfiehlt sich die Schutzimpfung bei besonders exponierten Personen, Krankenpflegern usw.

Passive Immunisierung: Von Pferden, die 1—1½ Jahr vorbehandelt sind, zunächst mit abgetöteten, schließlich mit lebenden virulenten Kulturen, wird ein Serum gewonnen, das nach Injektion von 10—20 ccm meist deutliche Schutzwirkung zeigt; sie tritt sofort ein, dauert aber nur 3 bis 4 Wochen.

Im Handel sind Pariser und Berner Serum, beide ungefähr in gleicher Weise bereitet; Lustigsches Serum von Pferden, die mit seinem Vaccin vorbehandelt sind; von Markl ein ausgesprochen antitoxisches Serum; von Terni-Bandi Serum von Maultieren und Rindern. Therapeutische Wirkung nur in leichten Fällen, angeblich am besten bei dem Lustigschen Serum (am 1. Tage 20 ccm intravenös, an den folgenden Tagen je 40 ccm subkutan). Die erstgenannten Sera sind zur Verifizierung verdächtiger Kulturen durch Agglutination von Wert. — Vollständigere Immunisierung gelingt vielleicht durch Kombination von aktiver Immunisierung und Seruminjektion.

Maßgebend für die Bekämpfung der Pest ist das Reichsgesetz vom 30. Juni 1900. Speziell für Pest ist § 20 eingefügt, wonach Maßregeln zur Vertilgung und Fernhaltung von Ratten, Mäusen und anderem Ungeziefer angeordnet werden können.

16. Bac. malleï (Rotzbazillus).

Bei Pferden und Eseln kommt Rotz häufig vor (90 % in chronischer, 10 % in akuter Form); bei Ziegen, Hunden, Katzen gelegentlich. Ver-

lauf akut oder chronisch. — Beim Menschen ist Rotz fast stets tödlich; die hervorstechendsten Symptome sind unregelmäßiges Fieber, Geschwüre auf der Nasenschleimhaut und anderen Schleimhäuten, kleine Abszesse im Unterhautbindegewebe.

Löffler hat zuerst in frischen Rotzknoten die Rotzbazillen nachgewiesen; sie sind etwas länger und dicker als Tuberkelbazillen, lassen sich schwierig färben, nicht nach Gram; die gefärbten Bazillen zeigen unregelmäßige Lücken. Sie sind unbeweglich; wachsen, am besten bei 33—37 °, auf erstarrtem Blutserum in Form von glasigen Tropfen, auf Kartoffelscheiben als anfangs gelber, später brauner Belag. Aus Kulturen in Glyzerinbouillon wird durch Einengen und Filtrieren das Malleïn gewonnen, das viele Analogien bietet mit dem Tuberkulin. In trockenen Kulturen bleiben die Bazillen einige Wochen, in dickeren Eiterschichten länger lebensfähig. In Wasser von 70 ° gehen sie in 1 Stunde sicher zugrunde; gegen die üblichen chemischen Desinfizienten zeigen sie mittlere Resistenz. Zur Stalldesinfektion eignet sich Schwefelsäure, Kresol, Kalkmilch, Chlorkalk.

Die Erzeugung von Rotz durch Einimpfung der Kulturen gelingt bei zahlreichen Versuchstieren, leicht bei Ziegen und Katzen, unregelmäßig bei Hunden und Kaninchen; am sichersten bei Meerschweinchen, Feldmäusen und Zieseln. Bei männlichen Meerschweinchen tritt nach subkutaner Impfung namentlich eine entzündliche, später eitrige Infiltration in der Tunica vaginalis des Hodens auf, welche den Hoden nach außen deutlich hervortreten läßt; bei der Sektion finden sich außerdem Milz, Lunge und Leber von gelblichen Knötchen durchsetzt. Der Tod der Tiere tritt nach 1½—6 Wochen ein. — Übertragung auf Menschen ist mehrfach im Laboratorium erfolgt; die Infektion scheint von der Haut aus statthaben zu können, auch ohne daß sichtbare Wunden vorhanden sind.

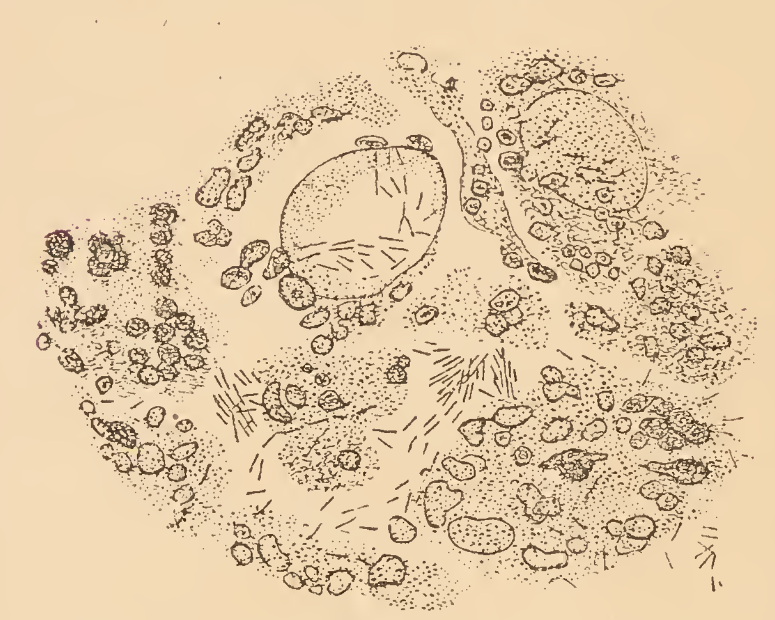


Fig. 187. Rotzbazillen. Schnitt aus einem Rotzknoten. 700:1.

Die Diagnose gelingt fast nie durch mikroskopische Präparate der Exkrete; dagegen durch Verimpfung der letzteren auf männliche Meerschweinchen oder Kultur mit Verifizierung durch Agglutination (Serum durch Vorbehandlung von Pferden mit abgetöteten und zerriebenen Bazillen gewonnen). — Außerdem ist eine Widalsche Reaktion mit dem Serum der verdächtigen Tiere und Menschen möglich; jedoch werden nicht lebende, sondern abgetötete Rotzbazillen zur Prüfung verwendet. Die Mischung von Serum und Testflüssigkeit

bleibt 24 Stunden im Brütofen. Die Niederschlagbildung muß mindestens noch in einer Serumverdünnung 1:500 auftreten, wenn auf Rotz geschlossen werden soll. Auch Präzipitation (Aufschichten von Serum auf das Malleïn), sowie Komplementbindung (verdächtiges Serum + autolysierte erwärmte Kochsalzaufschwemmungen von Agarkultur) sind zur Diagnose geeignet.

Ferner ist eine Diagnose möglich mittels des Malleïns, das, subkutan appliziert, bei rotzigen Tieren in sehr kleinen Dosen Fieber, Allgemeinreaktion (Abgeschlagenheit, Freßunlust) und Lokalreaktion hervorruft. Die erforderliche Dosis muß für jedes Präparat durch Versuche an gesunden Tieren festgestellt werden (meist 0,2—0,4 ccm); Temperaturerhöhung um 1,5° ist beweisend für Rotz. Auch kutane und namentlich konjunktivale Anwendung kann die Diagnose sichern.

Aktive Immunisierung durch abgeschwächte Erreger ist nicht gelungen, ebensowenig durch Bazillenextrakt (Malleïn). Im Serum der vorbehandelten Tiere hat man nur Agglutinine (Präzipitine) konstatieren können. Die Bekämpfung der Krankheit ist daher hauptsächlich auf frühzeitige Diagnose, Absonderung usw. angewiesen.

Das Preußische Seuchengesetz bestimmt, daß die Ermittelung im Benehmen mit dem beamteten Tierarzt erfolgt; die bakteriologische Untersuchung soll sich auf Eiter, Nasenschleim, Auswurf und womöglich Blut (zur Agglutinationsprobe) erstrecken. Krankheitsverdächtige Personen können einer Beobachtung, aber auch ebenso wie die Erkrankten einer Absonderung unterworfen werden.

17. Bac. diphtheriae (Diphtheriebazillus).

Man unterscheidet verschiedene Formen von Angina:

1. A. tonsillaris oder follicularis; gekennzeichnet durch meist multipele gelbe oder weißliche Flecke namentlich auf den Tonsillen, gelegentlich auch auf den Gaumenbögen usw.; ferner meist hohes Fieber. In der Regel rasche Genesung; protrahierter Verlauf, wenn Drüsenschwellungen eingetreten sind; zuweilen Übergang in Sepsis. Als Erreger bezeichnet man vielfach Streptokokken, weil sie sich in großen Mengen im Belag finden. Da man diese aber ebenso oft aus der Mundhöhle gesunder Menschen züchten kann, ist ihre Rolle als ursprüngliche Erreger unsicher. Nicht selten treten andere Bakterien in den Vordergrund, so Staphylokokken, Influenzabazillen; ferner spindelförmige, lückenhaft färbbare, anscheinend anaërobe Bazillen, Bac. fusiformis, in Verbindung mit feinen Spirochäten bei Angina Vincenti. Die sogenannte Streptokokkenangina tritt ferner besonders häufig zu anderen Krankheiten hinzu, namentlich zu Scharlach; seltener zu Masern und Typhus, häufig zu diphtherischer Angina.

2. Angina diphtherica. Grauer, festsitzender Belag, meist von einer Stelle eines Gaumenbogens, des Zäpfchens, einer Tonsille vorschreitend. Mäßiges Fieber, aber unverhältnismäßige Prostration. Tod durch Herzlähmung, Kehlkopfstenose oder Sepsis durch Streptokokken, die unter dem Einfluß des diphtherischen Giftes vordringen. Oft noch in der Rekonvaleszenz Lähmungen des Gaumen-

segels, der Schlund- und Augenmuskeln usw. Leicht übertragbar auf empfängliche Gesunde, daher häufig in Familien- und Hausepidemien auftretend. Bei dieser Form von Angina findet man regelmäßig den Bac. diphtheriae (Löffler).

Der Diphtheriebazillus ist nicht so sehr durch sein kulturelles Verhalten als vielmehr durch Form und Lagerung der Einzelindividuen charakterisiert. Es sind zwei Stadien zu unterscheiden: die jungen Bazillen, d. h. solche, die auf gutem Nährboden in 5—8 Stunden gewachsen sind; und die älteren Individuen, 9—24 Stunden alt.

Die Gestalt der jungen Individuen ist die eines kurzen Keils, das eine Ende ist häufig deutlich, zuweilen nur andeutungsweise dicker als das andere. Oft zeigt dabei der Bazillus eine leichte Krümmung. Die Lagerung verschiedener Individuen ist fast stets so, daß sie divergieren oder sich kreuzen; in Haufen sind sie regellos durcheinander geworfen, nur ausnahmsweise parallel aneinander gereiht. Nicht selten lagern sich die Bazillen in V-Form, oder gar in Y-Form.





Fig. 188. Diphtheriebazillen, junge Kultur 800:1.



Fig. 189 Diphtheriebazillen, ältere Kultur. 600:1.

Fig. 190. Diphtheriebazillen, Neissersche Doppelfärbung 600:1.

Die älteren Individuen sind ähnlich gelagert; der einzelne Bazillus zeigt aber größere Länge, stärkere keulige Auftreibung des einen Endes oder beider, manchmal auch Verdickungen an anderen Stellen, oft aber auch Zerfall in einzelne Segmente.

Die Bazillen sind unbeweglich, bilden keine Sporen. Sie sind mit den gewöhnlichen Färbemitteln (besonders gut mit Fuchsin), ferner auch nach Gram färbbar. In älteren Kulturen treten nach Behandlung mit essigsaurem Methylenblau und Chrysoïdin im braun gefärbten Leib der Bazillen blaue metachromatische Körnchen auf, die zur Diagnose verwertet werden können (Neissersche Doppelfärbung, s. im Anhang). — Verzweigungen, aus welchen die Zugehörigkeit zu den Streptothricheen hervorgeht, kommen wie bei Rotzbazillen vor.

Die Kultur gelingt leicht bei einer Temperatur über 25° auf verschiedenen Nährböden. Auf Platten von Glyzerin-Agar entstehen Kolonien, die bei 60facher Vergrößerung unregelmäßig begrenzt und ganz grob gekörnt erscheinen, an verstreuten Schnupftabak erinnernd. Am schnellsten wachsen sie auf Löfflerscher Blutserummischung (3 Teile Serum + 1 Teil Dextrose-Peptonbouillon), die in flachen Schälchen durch Erhitzen auf 100° zum Erstarren gebracht ist, und auf welcher das Untersuchungsmaterial oberflächlich ausgestrichen wird. Schon nach 4—6 Stunden bilden die Diphtheriebazillen kleine graue Tröpfchen.

Dieser „elektive“ Nährboden kann daher zum Herauszüchten der Diphtheriebazillen aus Gemengen besonders gut benutzt werden. — Für die Diagnose eignen sich als weitere kulturelle Merkmale: 1. die starke Säurebildung in Bouillon, die später in alkalische Reaktion übergeht. 2. gutes anaërobes Wachstum. 3. Säuerung in Dextrose, Fruktose, Mannose-haltigem Nährboden. 4. kräftige Reduktion (schwarze Kolonien auf Tellurplatten). 5. Toxingehalt der Kultur. — Genaueres s. im Anhang.

Die Resistenz der Bazillen gegen schädigende Einflüsse ist gering. Starkes Eintrocknen, so daß sie in Staubform durch die Luft transportabel werden, tötet sie ab; in dickeren Schichten und gegen Licht geschützt, können sie dagegen monatelang lebendig bleiben. Hitze und chemische Desinfizientien vernichten sie sehr rasch.

Die Übertragung der Kulturen auf Versuchstiere gelingt bei Kaninchen, Tauben usw., wenn die Trachea geöffnet und die Kultur auf die Schleimhaut eingerieben wird. Es entstehen ausgebreitete Membranen, oft auch schwere Allgemeinerscheinungen und bei chronischem Verlauf Lähmungen. — Bei Meerschweinchen genügt die subkutane Einimpfung einer kleinen Kulturmenge (1 ccm Bouillonkultur), um die Tiere innerhalb 3—4 Tagen zu töten; bei der Sektion findet sich Ödem an der Impfstelle, oft pleuritische Ergüsse, regelmäßig Hyperämie der Nebennieren usw. — In den inneren Organen finden sich, ebenso wie nach tödlichem Verlauf beim Menschen, meist keine Bazillen (Ausnahmen nicht selten), und ähnliche Wirkungen werden durch die keimfreien Kulturfiltrate erzielt. Die Krankheitserscheinungen sind daher wesentlich auf Rechnung der löslichen Toxine zu setzen, die von den lediglich an der Impfstelle gewucherten Bazillen sezerniert werden, und welche teils die Infiltrationen, Nekrosen usw. bewirken, die im Tierversuch in den Vordergrund treten, teils auf das Herz wirken, teils (Toxone) Nerven paralysieren.

Natürliche Verbreitung. Durch die Erfahrung steht unzweifelhaft fest, daß die Diphtherie durch Ansteckung von Mensch zu Mensch verbreitet wird. Ärzte, Krankenwärter, Angehörige werden häufig nachweislich durch einen Kranken infiziert. Die Inkubationszeit bis zum Ausbruch der Krankheit beträgt gewöhnlich 2—3 Tage. — Als die wesentlichste Infektionsquelle haben wir den erkrankten Menschen anzusehen, solange er in seinem Munde Diphtheriebazillen beherbergt. In der Rekonvaleszenz sind meist bis zu 4 Wochen, zuweilen monatelang, virulente Diphtheriebazillen nachweisbar. Ferner ist erwiesen, daß Erwachsene und unempfängliche Kinder Diphtheriebazillen beherbergen und übertragen können, obwohl sie gar keine Krankheitserscheinungen (Bazillenträger) oder nur die einer leichten Angina darbieten. Solche Befunde sind jedoch nur bei

solchen Personen erhoben, die mit Diphtheriekranken in Verkehr gestanden haben. Von einer ubiquitären Verbreitung der Diphtheriebazillen kann nicht die Rede sein. — In zweiter Linie kommen leblose mit ausgehusteten Membranen, Sputis, Speichel usw. verunreinigte Gegenstände in Betracht. In dicken Schichten angetrocknet, bleiben die Erreger 3 bis 4 Monate, bei unvollständigem Austrocknen bis zu 7 Monaten lebendig. Besonders gefährlich sind die von den Kranken und Rekonvaleszenten benutzten Eß- und Trinkgeschirre, Löffel, Taschentücher usw.

Die diphtherieartigen Erkrankungen, die bei verschiedenen Tierspezies (Kälbern, Tauben, Hühnern, Katzen usw.) vorkommen, können menschliche Diphtherie nicht hervorrufen.

Die Infektionswege für das Diphtherievirus bilden vorzugsweise Berührungen der Infektionsquellen (Mund des Kranken, Eß- und Trinkgeschirre, Wäsche usw.) einerseits, des eigenen Mundes anderseits. Auch durch direktes Anhusten der mit Untersuchung oder Pinseln des Rachens Beschäftigten kommen Infektionen zustande.

Die individuelle Disposition nimmt vom 6. Jahre ab allmählich, vom 13. Jahre an sehr rasch ab.

Eine ausgesprochene örtliche und jahreszeitliche Disposition tritt bei der Verbreitung der Diphtherie nicht hervor. Differenzen der Frequenz werden bei der Vergleichung verschiedener Länder und Städte allerdings beobachtet, sind aber inkonstant und gehen nicht über die bei jeder kontagiösen Krankheit vorkommenden Schwankungen hinaus. — Auch die jahreszeitliche Schwankung ist unbedeutend.

Die Bekämpfung erfordert die Ermittelung der Krankheit im frühen Stadium möglichst durch bakteriologische Untersuchung, da die klinischen Symptome im ersten Beginn einer Angina nicht zur ätiologischen Diagnose ausreichen. Das Resultat der bakteriologischen Untersuchung kann in positiven Fällen meist 6—8 Stunden nach der Probenahme bekannt gegeben werden. — Darauf erfolgt Meldung der Krankheit und Isolierung des Kranken, tunlichst für 4 Wochen, d. h. die Zeit, während welcher noch Diphtheriebazillen im Munde zu sein pflegen. Die Isolierung ist oft auch im Hause genügend durchzuführen. — Desinfektion während der Krankheit, wo möglich durch geschulte Desinfektionsschwestern, ist sorgfältig zu beachten; die Schlußdesinfektion braucht nur die nähere Umgebung des Krankenlagers zu berücksichtigen. — Die Geschwister erkrankter Kinder sind vom Schulbesuch und Verkehr mit anderen Kindern zurückzuhalten, da sie im ersten Anfang der Erkrankung sich befinden oder Bazillenträger sein können. Aus letzterem Grunde sollen sich auch Er-

wachsene aus der Umgebung von Diphtheriekranken Vorsicht im Verkehr, namentlich mit Kindern, auferlegen. Beseitigung der Bazillen durch Mundspülwasser und Gurgelungen gelingt nicht.

Aktive Immunisierung ist wegen der wechselnden Empfindlichkeit der Kinder gegenüber dem Diphtherietoxin schwierig. Wohl aber lassen sich Tiere (Pferde, Affen) durch vorsichtig gesteigerte Gaben von Diphtherietoxin aktiv immunisieren, bis ihr Serum solche Mengen Antitoxin enthält, daß ein kleines Quantum Serum genügt, um Menschen passiv zu immunisieren (v. Behring).

Jungen Pferden wird zuerst Diphtherietoxin (3 Wochen alte, filtrierte Bouillonkultur) injiziert, das durch Jodtrichlorid oder Jodlösung oder Antitoxinzusatz abgeschwächt ist. Nach je 3—8 Tagen, nach Abklingen der lokalen Infiltration und des Fiebers, allmähliche Steigerung; der Antitoxingehalt des Serums wird fortdauernd geprüft; es muß ein sehr hoher Antitoxingehalt erreicht werden, damit das zur passiven Immunisierung verwendete Serum kein zu großes Volum repräsentiert. — Bei der Prüfung benutzt man in Deutschland die S. 613 geschilderte Mischungsmethode. Früher ging man hierbei aus von einem Diphtherienormalgift, d. h. von einer Giftlösung, welche in 0,01 ccm ausreichend Gift enthält, um ein Meerschweinchen von 250 g in 4—5 Tagen zu töten. 1 ccm dieser Giftlösung ist also = + 250 000 M., d. h. kann 100 Meerschweinchen von je 250 g Gewicht töten. Blutserum, von welchem 0,1 ccm die Wirkung von 1 ccm Normalgift aufhebt, bezeichnet man als Normalserum; 1 ccm desselben enthält eine Immunisierungseinheit (I.-E.). Ein hundertfaches Normalserum enthält in 1 ccm 100 I.-E. — Da aber das Toxin nicht einheitlich zusammengesetzt ist, sondern wechselnde Mengen Toxoid und Toxon (s. oben) enthält, benutzt man jetzt ein Normal-Antitoxin als Ausgangspunkt für die Kontrolle, d. h. 2 g trockenes Serum von genau bekannten I.-E. (Standard-Serum), das, vor Luft, Licht und Feuchtigkeit geschützt, aufbewahrt und im Bedarfsfalle in 200 ccm einer Glyzerin-Kochsalzlösung gelöst wird. Enthält das Trockenserum, wie das erste so hergestellte, z. B. 1700 I.-E., so enthält die Lösung 17 I.-E. in 1 ccm, und 1 ccm einer weiteren 17fachen Verdünnung 1 I.-E. Mittels dieser Verdünnung wird die Giftigkeit einer durch langes Lagern zu fast völliger Giftkonstanz gelangten Giftlösung gemessen, und zwar wird nach Ehrlich bestimmt 1. die Giftdosis, die durch 1 I.-E. genau neutralisiert wird, so daß das Gemisch keine Giftwirkung mehr auslöst, der Limes $_0$; 2. die Giftdosis, die trotz Zusatz von 1 I.-E. Meerschweinchen von 250 g am vierten Tage tötet, also eine tödliche Giftdosis im Überschuß enthält, der Limes †. Mit der so ermittelten Testgiftdosis L † kann man nun den Wert jedes Serums bestimmen, indem man verschieden starke Verdünnungen von ihm bereitet, und je 1 ccm mit dem L † mischt und Meerschweinchen von 250 g injiziert. Tritt der Tod der Tiere am vierten Tage z. B. bei der 200fachen Verdünnung des fraglichen Serums ein, so enthält es 200 I.-E.; tritt er früher ein, so enthält es weniger; bleiben die Tiere am Leben, so enthält es mehr.

Um eine tödliche Dosis Toxin zu erhalten, muß man übrigens zu dem neutralen Gemisch von Toxin + Antitoxin meist erheblich mehr als eine ein-

fache tödliche Dosis zusetzen. Die Ursache sind die im Toxin enthaltenen weniger giftigen Substanzen, Toxone, die geringere Avidität gegenüber dem Antitoxin besitzen. Sind Toxon-Antitoxinverbindungen vorhanden, so werden sie durch Toxin zerlegt und letzteres lagert sich an Stelle des Toxons an das Antitoxin. Erst von dem Augenblick ab, wo kein Toxon-Antitoxin mehr vorhanden ist, wirkt daher weiterer Toxinzusatz giftig.

Roux, Kraus u. a. haben darauf hingewiesen, daß auch die Qualität des Antitoxins im Wirtskörper in Betracht komme; es könne hier sehr verschiedene Avidität äußern, und speziell das von hoch immunisierten Tieren gewonnene Antitoxin besitze eine geringere Avidität. Die Prüfung im Reagenzglas trage dem nicht Rechnung, und deshalb müsse die Prüfung dadurch erfolgen, daß man eine bestimmte Menge Toxin und abgestufte Serummengen getrennt Versuchstieren injiziert, also die Toxin-Antitoxinvereinigung im Tierkörper vor sich gehen läßt. Die Ehrlichsche Schule hat indes diese Einwände gegen die bisher geübte Wertbestimmung als unbegründet zurückgewiesen.

Um den meist sehr geringen Gehalt an Toxin bzw. Antitoxin im Blut von Kranken oder Rekonvaleszenten nachzuweisen bzw. auszuwerten, ist von Römer ein sehr empfindliches Verfahren in der intrakutanen Impfung in die Bauchhaut von Meerschweinchen angegeben. Selbst ein Toxingehalt, der 500mal geringer ist als die tödliche Dosis, bewirkt nach 24 Stunden eine Schwellung an der Injektionsstelle, die nach 2—3 Tagen in Hautnekrose übergeht.

Zur Immunisierung empfiehlt es sich, mindestens 200 I.-E. zu injizieren. Der Schutz hält aber nur 3—4 Wochen an. Gesundheitsstörungen werden gewöhnlich nicht beobachtet. Hier und da bewirken die Bestandteile des normalen Pferdeserums vorübergehend Urticaria und Gelenkschwellung und bei wiederholten Injektionen können anaphylaktische Erscheinungen auftreten, die jedoch äußerst selten tödlich enden. Sie werden am einfachsten vermieden durch Verwendung von Antitoxin in Rinderserum zur ersten Injektion, s. S. 633. — Die Schutzimpfung erscheint angezeigt gegenüber den Familienmitgliedern (namentlich Kindern) des Erkrankten; in größerem Umfange für alle Kinder, z. B. bei endemischem Auftreten der Diphtherie in kleineren Ortschaften.

Wegen der kurzen Dauer des Schutzes und wegen der störenden Wirkungen des Pferdeserums hat sich v. Behring neuerdings bemüht, eine kombinierte aktive und passive Immunisierung einzuführen. Toxin und Antitoxin werden zu diesem Zwecke so gemischt, daß die Mischung im Meerschweinchenversuch keine Wirkung mehr zeigt. Anscheinend besteht dann für andere Tierarten noch eine gewisse Giftigkeit. Am Rücken soll zunächst eine intrakutane Impfung erfolgen, nach acht Tagen eine zweite. Der Antitoxingehalt des Bluts steigt merklich; $^{1}/_{20}$ Antitoxineinheit pro 1 ccm Blut schützt genügend. Die Dauer des Schutzes soll sich bis zu 1 Jahr erstrecken. — Die Reaktionen fallen infolge individuell verschiedener Empfänglichkeit der Kinder ungleich aus. Daher ist vorläufig das Verfahren nicht allgemein anwendbar.

Ausgezeichnet bewährt hat sich die möglichst frühe therapeutische Verwendung des Serums in frischen Fällen (1500—3000 I.-E., in schweren Fällen viel höhere Dosen).

Wenn auch der allgemeine Rückgang der Diphtherie (Todesfälle in Preußen 1889—1894 = 14,4 pro 10 000 Lebende, 1895—1900 = 6,5. 1907—1911 = 2,5) nicht in der Hauptsache auf die 1894 erfolgte Einführung des Heilserums bezogen werden darf, da auch Masern und Scharlach den gleichen Rückgang zeigen, so ist diese doch an der sehr bedeutenden Abnahme der Letalität und insofern auch an dem Rückgang der Diphtherie wesentlich beteiligt; in den Krankenhäusern ist sie 1894 in schroffem Abfall von 27 % auf 13 % gesunken. Noch eindrucksvoller ist diese Wirkung, wenn berücksichtigt wird, an welchem Krankheitstage die Serumbehandlung eingesetzt hat. Erfolgte diese am 1. Tag, so sind Todesfälle überhaupt nicht beobachtet; erfolgte sie am 2. Tag, so sind 4 % Todesfälle registriert, am 3. Tag 12, am 4. Tag 22, am 6. Tag. 52 %.

Nach Beobachtungen von Bingel soll antitoxinhaltiges Pferdeserum nicht mehr leisten wie normales. Bingels Fälle waren aber durchweg vorgeschrittene, bei denen eine spezifische Antitoxinwirkung gar nicht mehr eintreten konnte, sondern höchstens der Effekt der parenteralen Eiweißeinverleibung, der selbstverständlich bei dem spezifischen und nichtspezifischen Serum der gleiche ist. Der durch zahlreichste ältere und neuere Beobachtungen festgestellte hohe Wert des Antitoxius in einigermaßen frischen Fällen von Diphtherie behält daher nach wie vor seine Geltung.

Preußisches Seuchengesetz. Abweichungen von den üblichen Bestimmungen bestehen darin, daß die Überführung von Kindern in ein Krankenhaus gegen den Widerspruch der Eltern nicht angeordnet werden darf, wenn nach Ansicht des beamteten oder des behandelnden Arztes eine ausreichende Absonderung in der Wohnung sichergestellt ist.

18. Bacillus tuberculosis, Tuberkelbazillus.

Tuberkulose wird beim Menschen am häufigsten in der Lunge beobachtet, seltener am Darm, in der Haut, in Knochen, Gelenken, Lymphdrüsen, Gehirn usw. Überall, wo der tuberkulöse Prozeß im frischen Vorschreiten begriffen ist (dagegen oft nicht mehr in den nekrotischen und verkästen Teilen) findet man seit R. Kochs Entdeckung (1882) die Tuberkelbazillen als schlanke, meist leicht gekrümmte Bazillen von 1,3 bis 3,5 μ Länge. Sie sind charakterisiert durch das Verhalten gegen Anilinfarben; diese dringen ohne besondere Zusätze schwer in die von einer wachsartigen Hülle umgebenen oder von Fett und Wachs durchsetzten Tuberkelbazillen ein, dagegen leichter, wenn ihnen Alkali, Anilin oder Karbolsäure zugefügt ist und die Einwirkung längere Zeit hindurch bzw. bei Siedehitze erfolgt. Die einmal eingedrungenen Farbstoffe haften

dann aber sehr fest und widerstehen lange Zeit der Entfärbung z. B. durch Säure, Alkohol usw. (Säure- und Alkoholfestigkeit der Tuberkelbazillen). Färbt man zuerst mit alkalischem Farbstoff und läßt dann Säure einwirken, so bleiben alle anderen Bakterien ungefärbt, mit Ausnahme der Tuberkelbazillen; die übrigen Bakterien und die Zellkerne können dann mit einer Kontrastfarbe nachgefärbt werden (s. Anhang). — In den gefärbten Bazillen treten oft mehrere ungefärbte Stellen



Fig. 191. Sputum mit Tuberkelbazillen (und vereinzelten Diplo- und Streptokokken). 600:1.



Fig. 192. Kolonien von Tuberkelbazillen auf Blutserum (nach Koch). 700:1.

auf (Absterbeerscheinung); außerdem an den Enden 2—3 stark lichtbrechende und sich intensiver färbende Körnchen, die nicht auf Sporenbildung zu beziehen sind.

Much hat eine besondere „Granula"-Form der TB beschrieben, die am besten durch eine modifizierte Gramfärbung (Färbung mit Karbol-Methylviolett, dann Jodlösung, kurz Mineralsäuren, Azeton-Alkohol und Gegenfärbung mit Fuchsin) hervortreten sollen. Sie finden sich aber fast nie ohne die Bazillen und sind dann wiederum nicht charakteristisch genug für eine diagnostische Verwertung. — Viele Autoren haben in den letzten Jahren Tuberkelbazillen auch im strömenden Blut des Kranken nachgewiesen. Einige derartige Befunde, die sich auf einwandfreie Tierversuche stützten, sind nicht anzuzweifeln. Beim mikroskopischen Nachweis, der nach Stäubli-Schnitter dadurch geliefert wird, daß man das Blut in Essigsäure schüttelt, dann dem Sediment 15%ige Antiforminlösung zufügt, zentrifugiert, das Sediment mit Wasser wäscht, wiederum zentrifugiert, dann ausstreicht und färbt, täuschen Fibrinteilchen, Leukozyten-Granula usw. leicht Tuberkelbazillen vor.

Die Kultur der Tuberkelbazillen gelang Koch auf erstarrtem Blutserum, aber nur bei 37°, und auch dann zeigte sich erst nach 10—14 Tagen deutliches Wachstum in Form von trockenen Schüppchen und Bröckchen. Da Platten nicht anwendbar sind und da die Kultur so lange Zeit gebraucht, bis die Tuberkelbazillen sich ausbreiten, läßt sich für gewöhnlich kein Material zu Züchtungsversuchen verwerten, welches noch andere saprophytische und schneller wachsende Bakterien enthält; diese okkupieren sonst das ganze Nährsubstrat längst, ehe die Tuberkelbazillen sich zu vermehren beginnen. Am besten geht man daher zum Zwecke der Anlage von Kulturen nicht von

Sputum, sondern von Leichenteilen aus, welche mit allen Kautelen entnommen sind, oder besser von den Organen infizierter und nach einigen Wochen getöteter Tiere (Meerschweinchen).

Später sind viele Nährsubstrate angegeben, auf welchen die Tuberkelbazillen schneller und üppiger wachsen. Besonders empfiehlt sich ein Zusatz von 4 % Glyzerin zu Agar oder Bouillon. Ferner wirken Zusätze von Eidotter, Gehirn (Ficker), Nährstoff Heyden (Hessescher Nährboden) günstig. Mit solchen Gemischen gelingt sogar die Kultur aus Sputum von Phthisikern, wenn man den inneren eitrigen Kern des Sputums erst mehrfach in sterilisiertem Wasser abspült und dann auf dem zu Platten ausgegossenen Nährboden ausstreicht. Besser ist vorherige Behandlung mit Antiformin (s. Anhang). — Auch auf pflanzlichem Nährboden (Kartoffeln) wachsen die Tuberkelbazillen gut; ferner genügt ein künstliches Gemisch, welches nur Ammonsalze, 1,5 % Glyzerin, Wein- oder Milchsäure und Magnesiumsulfat und Kaliumphosphat enthält (Proskauer und Beck). — Häufig zeigen die Tuberkelbazillen in den Kulturen Neigung zur Bildung von Fäden mit Verzweigungen und keulenförmigen Enden (s. S. 529).

Mit den Kulturen läßt sich bei Versuchstieren Tuberkulose hervorrufen und damit der sichere Beweis für die ätiologische Rolle der Tuberkelbazillen führen. Am empfänglichsten sind Meerschweinchen; weniger empfänglich Kaninchen, Hunde, Katzen, manche Vögel (über die Wirkung auf Rinder, Schafe, Schweine und Ziegen s. unten).

Die kleinsten Kultur- und Sputumdosen braucht man bei Meerschweinchen bei subkutaner Applikation; ein einziger oder einige wenige Bazillen genügen zur tödlichen Infektion. Nach subkutaner Impfung am Bauche schwellen zunächst die zugehörigen Lymphdrüsen; nach 6—8 Wochen gehen die abgemagerten Tiere zugrunde; etwa vom 30. Tage an ist die Milz, vom 40. Tage ab die Leber von reichlichen Tuberkeln durchsetzt; in den Lungen finden sich spärliche und am spätesten entwickelte Tuberkel. — Fast ebenso kleine Dosen genügen bei Inhalationsversuchen mit versprayten Aufschwemmungen von Kultur oder Sputum (am besten der „Buchnerspray" mit zahlreichen Tröpfchen von 40 μ Durchmesser und weniger). 200 eingeatmete Bazillen, von denen etwa 50 in die feineren Bronchien gelangen, ergeben schon nach 20 Tagen eine Durchsetzung der Lunge mit mehr als stecknadelkopfgroßen Tuberkeln; nach 4—5 Wochen erfolgt der Tod unter ganz vorzugsweiser Beteiligung der Lungenaffektion. Oft beobachtet man Schwellung der Hals- und Mesenterialdrüsen, herrührend von den Anteilen der inhalierten Bazillen, welche im Nasenrachenraum abgefangen und dort eingewandert, oder verschluckt und vom Darm aus vorgedrungen waren. Diese Einwanderung bleibt aber in solchen Fällen ohne weitere Folgen, weil der in die feineren Bronchien und Alveolen gelangte kleinere Anteil der inhalierten Bazillen sehr viel schneller zur tödlichen Lungenaffektion führt. — Inhalation trockenen tuberkelbazillenhaltigen Staubes führt erst bei größeren Dosen und nicht so sicher zur Infektion. — Durch Verfütterung von Nahrung mit Tuberkelbazillen (am leichtesten mit Milch oder wenigstens mit Nahrung von dünnbreiiger Konsistenz) gelingt die Infektion der Versuchstiere ebenfalls, jedoch erst mit sehr viel höheren

Dosen als bei den Inhalationsversuchen und mit langsamerem Verlauf der Erkrankung. Hier erkranken zuerst die Hals- und die Mesenterial- oder Portaldrüsen; erst nach etwa 50 Tagen zeigen die Lungen (und die Abdominalorgane) eine Durchsetzung mit kleinen Tuberkeln. Bei einmaliger Fütterung (in Mohrrübenbrei) beträgt die erforderliche Dosis für Meerschweinchen 10 mg Kultur = 400 Millionen Bazillen, also 10 Millionen mal mehr als bei Inhalation wirksam ist. Durch häufige Wiederholung gelangt man zu kleineren wirksamen Dosen; z. B. infiziert 50malige Verfütterung von 0,1 mg Kultur. — Bei intravenöser Einverleibung homogener Aufschwemmungen von Tuberkelbazillen versagen kleine Dosen; mittlere bewirken allgemeine Tuberkulose; große erzeugen toxische Effekte und kachektisches Zugrundegehen der Tiere (s. unten). — Für manche Beobachtungen eignet sich besonders die Impfung in die vordere Augenkammer; nach 10 bis 14 Tagen entsteht Iristuberkulose, später allgemeine Tuberkulose.

Die pathogene Wirkung der Tuberkelbazillen beruht hauptsächlich auf der Bildung von Ekto- und Endotoxinen. Die leicht extrahierbaren Ektotoxine, wie sie im Alt-Tuberkulin (s. unten) vorliegen, wirken namentlich fieber- und entzündungserregend; die Endotoxine rufen Nekrose und Verkäsung hervor, und außerdem eine allmähliche Kachexie, welcher Versuchstiere nach Einverleibung größerer Dosen in 2—3 Wochen erliegen. Die Endotoxinwirkungen treten auch nach vorheriger Abtötung der injizierten Bazillen zutage.

Die Tuberkelbazillen sind trotz des Fehlens von Sporen sehr resistent. Austrocknen vertragen sie in Form des Sputums 9 Monate und länger. Dem Übergang in die Luft im lebenden Zustand steht insofern nichts im Wege. Aber das Zerlegen des angetrockneten mucinhaltigen Sputums in feinste flugfähige Teile gelingt sehr schwierig; meist entstehen nur gröbere Partikel, die für kurze Zeit wohl aufgewirbelt werden, aber sich nicht als schwebende Stäubchen halten können. — Diffuses Tageslicht tötet die Tuberkelbazillen nach drei Tagen in dünnen Sputumschichten ab, ebenso Sonnenlicht in ½—3 Stunden; für dickere Schichten dagegen ist intensivste Besonnung mindestens 20 Stunden lang nötig. — Hitze tötet in Wasser oder Wasserdampf die Tuberkelbazillen ab: bei 85° in 1 Minute, 78° 2 Minuten, 73° 3 Minuten, 70° 5 Minuten, 65° 15 Minuten. — Von chemischen Desinfizientien muß Karbol 5% 24 Stunden einwirken; Sublimat 5 Promille 2 Stunden. Formaldehyddampf in üblicher Konzentration desinfiziert dünnere Sputumschichten nach vorausgegangener Aufweichung durch Wasserdampf sicher.

Modifikationen und Abarten des Tuberkelbazillus. Der Tuberkelbazillus hat anscheinend eine gewisse Neigung, auf Änderung der äußeren Bedingungen mit Modifikation seines morphologischen und biologischen Verhaltens zu reagieren und Abarten zu bilden; Abweichungen vom Typhus werden demgemäß bei manchen Kulturen beobachtet (L. Rabinowitsch; Englische Kommission bei Lupusstämmen). Unter den gleichen Verhältnissen gezüchtet, beobachtet man keine Variierung; wird er von Mensch zu Mensch durch eine unendliche Reihe

von Jahren fortgepflanzt, so sind seine Eigenschaften offenbar sehr stabil geworden. Ähnlich verhält es sich mit dem fort und fort von Rind zu Rind, von Huhn zu Huhn übertragenen Bazillus.

Es bestehen daher mindestens 3 Typen des TB.; von Smith sind 1898 die menschlichen und die bovinen Bazillen als morphologisch, kulturell und durch Tierversuch unterscheidbare Varietäten erkannt; und schon vorher (1889) hatte Maffucci die Verschiedenheit der Erreger der Hühnertuberkulose von denen der menschlichen Tuberkulose betont. Dazu kommen noch verbreitete, dem TB. nahestehende und säurefeste Bazillen, die bei niederer Temperatur wachsen und von denen einige bei Kaltblütern wuchern können. — Die verschiedenen Typen lassen sich folgendermaßen charakterisieren:

1. Typus humanus. Bei der weitaus größten Mehrzahl der tuberkulösen Erkrankungen des Menschen. Bei Rindern, Schafen, Ziegen nie beobachtet; selten bei Schweinen; etwas häufiger bei Hunden, ferner bei Tieren in zoologischen Gärten, bei Papageien (nie bei Hühnern).

2. Typus bovinus. Bei allen Tuberkulosen des Rindes, der Schafe und Ziegen; fast stets bei Schweinen; relativ selten beim Menschen. Die experimentell festgestellten Unterschiede lassen sich folgendermaßen zusammenfassen (Kossel):

Typus humanus:	Typus bovinus:
Die Kultur auf Serum und Glyzerinbouillon zeigt schlanke Bazillen, gleichmäßig lang und gefärbt; oft gekrümmt.	Die Serumkultur zeigt viel plumpe, kurze, fast punktförmige Formen; von Glyzerinbouillon Stäbchen von ungleicher Länge und Färbung, oft körnig.
Auf Glyzerinserum leicht züchtbar. Von da auf Glyzerinbouillon (amphoter) übertragen, nach 3—4 Wochen dicke faltige Haut über die ganze Fläche (eugonisches Wachstum der Engl. Kommission).	Wächst in erster Generation auf Glyzerinserum spärlich; auf Glyzerinbouillon langsam dünne Häutchen mit einzelnen warzigen Verdickungen (dysgonisches Wachstum der Engl. Kommission).
Bei Kaninchen nach subkutaner Injektion von 0,01 g Kulturmasse von Glyzerinbouillon nach 3 Monaten nur lokale Affektion; ebenso bei jungen Rindern nach 0,05 g.	Nach 0,01 g Kultur von Glyzerinbouillon subkutan erkranken Kaninchen, nach 0,05 g junge Rinder an generalisierter Tuberkulose.

Von Park sind zur Unterscheidung beider Typen mit Erfolg auch Eier-Nährböden benutzt. Auf dem von Lübbenau angegebenen Nährboden aus Eigelb + Glyzerinbouillon, bei 70° sterilisiert, wächst T. humanus gut, bovinus schlecht oder gar nicht; auf Dorsets Nährboden aus zerschütteltem ganzen Ei + etwas ClNa-Lösung, bei 90° sterilisiert, wächst T. bovinus, aber humanus nicht.

3. Bazillen der Hühnertuberkulose, Typus gallinaceus. Morphologisch noch pleomorpher als der Perlsuchtbazillus. Wachsen noch gut bei 45—50°. Rascher wachsend, feuchter Belag. Meerschweinchen sind wenig, Kaninchen stark empfänglich. Öfter in Schweinen nachgewiesen. Vielfach Abweichungen (Rabinowitsch).

4. Saprophytische säurefeste Bazillen. In Erde, im Wasser, auf Gräsern (Thimotee) weit verbreitet; von da in Kuhexkremente, Milch, Butter, auch menschliche Se- und Exkrete übergehend. Zu dieser Gruppe gehören auch die „Trompetenbazillen" (in den Ventilen fast aller benutzter Trompeten) und die sog. Kaltblütertuberkelbazillen (Fisch-, Frosch-, Schildkröten-, Blindschleichen-, Molch-Bazillen). Sie finden sich bei der seltenen sog. spontanen Tuberkulose der genannten Kaltblüter, aber auch häufig in Organen gesunder Kaltblüter (Weber und Taute, Lange). Die säurefesten Saprophyten sind ausgezeichnet durch Wachstum auch bei niedrigen Temperaturen, durch starken Pleomorphismus und durch Anpassungsfähigkeit an wechselnde Wachstumsbedingungen (auch an Temperaturen von 37°). Tuberkuloseähnliche Knötchenerkrankungen sind bei Warm- und Kaltblütern auch durch die säurefesten Saprophyten zu erzeugen; in der Regel besitzen sie Warmblütern gegenüber nur eine geringe Pathogenität. Künstliche Umwandlung von echten Tuberkelbazillen in Saprophyten oder umgekehrt ist bisher nicht einwandfrei gelungen.

Die phylogenetische nahe Verwandtschaft aller dieser Abarten des Tuberkelbazillus ergibt sich daraus, daß das Serum der mit einer dieser Abarten behandelten Tiere auf aufgeschwemmte fein zerriebene Tuberkelbazillen präzipitierend wirkt; ferner daraus, daß die mit den verschiedenen Bazillen behandelten Tiere alle auf Tuberkulin reagieren. Auch andere serologische Proben geben keine rechten unterscheidenden Ausschläge.

Epidemiologie. Die Tuberkulose ist in der gemäßigten Zone die verbreitetste Infektionskrankheit; 12 % aller Todesfälle, etwa 30 % aller Todesfälle im Alter von 15—60 Jahren, sind durch Phthise bedingt; zahlreiche Todesfälle kommen außerdem durch Darmtuberkulose, Hirntuberkulose usw. vor; in mehr als der Hälfte aller Leichen — bei Sektionsmaterial aus gewissen Industriebetrieben sogar in 90 % — findet man tuberkulöse Herde, großenteils in ausgeheiltem Zustand. Die Beteiligung der Lebensalter an den Todesfällen an Tuberkulose erhellt aus Fig. 193. Die Krankheit ist für die sozialen Verhältnisse um so bedeutsamer, als sie chronisch verläuft und gewöhnlich bereits sehr lange vor dem Tode die Kranken erwerbsunfähig macht. — Der ursprüngliche Erreger der Tuberkulose ist stets der Tuberkelbazillus. In vorgeschrittenen Stadien der Phthise sind andere Bakterien, namentlich Streptokokken, Influenzabazillen, Pneumokokken usw., an dem Zerstörungswerk und an den Symptomen (hektisches Fieber) wesentlich beteiligt.

Infektionsquellen.

a) Frische TB-haltige Ausscheidungen des Kranken: Teils der während der langen Krankheitszeit in großen Mengen produzierte Auswurf; teils die beim Husten versprühten Tröpfchen von Bronchialschleim und -eiter; teils Milch und Butter von perlsüchtigen Kühen. Eiter tuberkulöser Drüsenabszesse, Fäzes bei

Darmtuberkulose, Harn bei Nierentuberkulose, Fleisch von perlsüchtigen Tieren spielen p r a k t i s c h als Infektionsquelle keine Rolle.

Die drei wichtigsten Infektionsquellen erfordern noch eine kurze Erläuterung: Der A u s w u r f, der in 1 Milligramm 5000 bis 100 000 TB. zu enthalten pflegt, ist namentlich dann gefährlich, wenn er rücksichtslos verstreut wird. Durch Sammeln in bestimmten Gefäßen wird

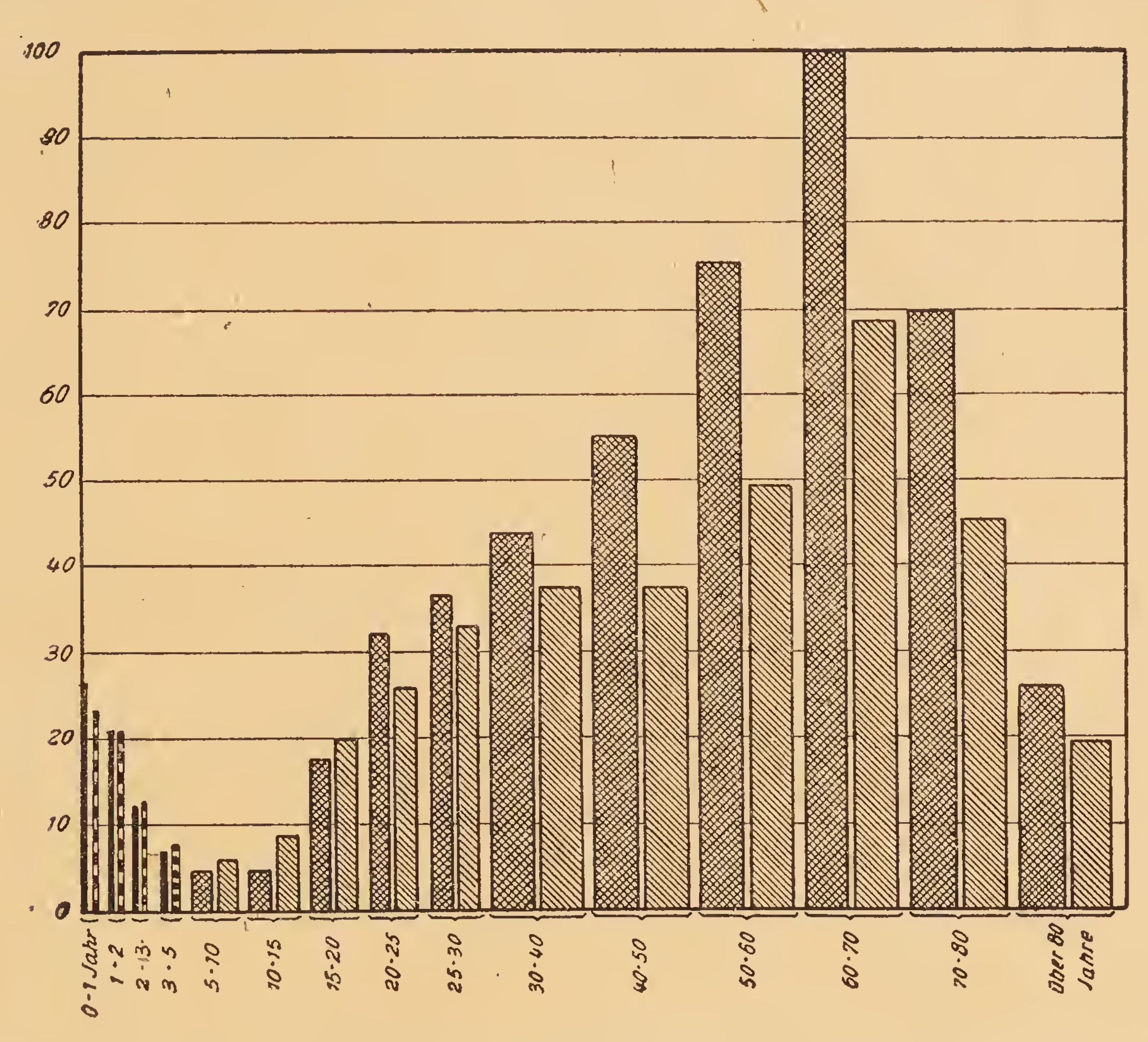


Fig. 193. Tuberkulosesterblichkeait auf 10000 Lebende nach Altersklassen (nach Cornet). (Preußen 16jähriger Durchschnitt.)
Die dunkleren Linien bedeuten das männliche, die helleren das weibliche Geschlecht. Die Dicke der Striche bemißt sich nach der Anzahl der zu einer Gruppe zusammengefaßten Lebensjahre.

diese Infektionsquelle so gekennzeichnet, daß sie höchstens diejenigen Menschen gefährdet, die mit der Reinigung dieser Gefäße zu tun haben, und die sich dabei leicht bewußt schützen können. Über die gefährlicheren Auswurfs r e s t e s. unten.

Die Ausstreuung feiner, 40 μ und weniger messender T r ö p f c h e n durch hustende Phthisiker läßt sich auf Glasplatten (Objektträgern), die in etwa ½ m Entfernung vor dem Hustenden aufgestellt und dann in üblicher Weise gefärbt werden, mikroskopisch nachweisen; oder auch dadurch, daß Meerschweinchen für ½—1 Stunde einen hustenden Phthisiker, dessen Verstreuung vorher durch den Objektträgerversuch festgestellt ist, in etwa ½ m Entfernung gegenübergesetzt werden. Tötet man solche Tiere nach 8—10 Wochen, so findet man gewöhnlich vor-

geschrittene Tuberkel in den Lungen und in Entwicklung begriffene Tuberkulose der Hals- und Bronchialdrüsen, der Leber, Milz usw.

Zu unterscheiden sind die größeren, selten TB-haltigen Mundtröpfchen und die kleineren, nur Leukozyten und oft sehr zahlreiche TB enthaltenden Bronchialtröpfchen. Nur die letzteren bedingen stärkere Gefahr. Die Ausstreuung wechselt sehr; bei demselben Individuum nach dem Stadium der Krankheit (im Anfang und bei gutem Kräftezustand stärkere Verstreuung als im letzten Stadium); nach dem klinischen Verhalten (bei frischen Katarrhen und daher bei ungünstiger Witterung stärker; bei Kehlkopftuberkulose selten, weil der mangelhafte Glottisschluß kräftiges Husten unmöglich macht); nach der Tageszeit (früh am stärksten); nach der Körperhaltung (liegend fast gar nicht); nach der Art des Hustens usw. Zeitweise kommt wohl bei jedem Phthisiker Verstreuung vor, manchmal in enormer Menge. Es würde wichtig sein, wenn häufiger das Bestehen einer Verstreuungsperiode durch behustete Objektträger festgestellt würde. Die Luft in mehr als 80 cm Entfernung vom Kranken enthält kaum mehr Tröpfchen. Auch in der Nähe des Kranken ist die Luft kurz nach dem Husten wieder frei von Tröpfchen, so daß sie nur während des Hustens Gefahren birgt.

In der Milch und in der aus dieser hergestellten Butter finden sich sehr große Mengen von Tuberkelbazillen, wenn Eutertuberkulose vorliegt; ist dies nicht der Fall, so wird die Milch nur in geringem Grade durch tuberkelbazillenhaltige Kotteilchen infiziert. Diese Bazillen stellen insofern eine von vornherein weniger gefährliche Infektionsquelle dar, als sie stets dem bovinen Typus angehören und daher gegenüber dem Menschen geringere Virulenz besitzen.

b) Mit Ausscheidungen des Kranken infizierte Gegenstände. Da die TB. in den Ausscheidungen lange lebensfähig bleiben, sind leblose Gegenstände besser als bei manchen anderen Krankheiten befähigt, die Übertragung von TB. zu vermitteln. Auswurf gelangt vor allem auf Hände, Taschentücher, Kleider, Wohnungsteile. Selbst wenn der Auswurf in Spucknäpfe oder Spuckfläschchen entleert wird, werden gewöhnlich die am Mund und Bart zurückbleibenden Auswurfreste mit dem Taschentuch oder mit der Hand abgewischt und auf die Kleider gebracht (Tascheneingänge!). Der Fußboden und sonstige Wohnungsteile erfahren eine gröbere Beschmutzung durch Auswurf nur bei einer kulturell stark rückständigen Bevölkerung; geringfügige Verunreinigungen durch die Hände, Taschentücher usw. können häufiger vorkommen.

Wichtig ist die Frage, in wie weit Staub zur Infektionsquelle werden kann. Da die TB. das Trocknen gut vertragen, sollte man meinen, daß sie durch Staub, der so leicht ist, daß er von Luftströmungen weitergetragen werden kann, in besonders gefährlicher Weise verbreitet werden. Wie oben bereits erwähnt wurde, ist dem aber eine Schranke gesetzt durch die große Schwierigkeit, mit der aus dem zähen

muzinhaltigen Auswurf wirklich feine, durch die Luft transportierbare Stäubchen entstehen. Auf glatten Flächen, z. B. auf dem Fußboden, bildet sich erst nach völligem Austrocknen und darauffolgendem starken Zerreiben durch Hin- und Hergehen Staub, der aber immer noch zum größten Teil zu grob und schwer ist, um flugfähig zu sein. Leichter kann von porösen Stoffen aus ein wirklich feiner Staub in die Luft übergehen dadurch, daß bei Hantierungen feinste Gewebsfasern sich loslösen, an denen trockene TB. haften; Taschentücher, Kleider, Teppiche kommen hierfür besonders in Betracht; bei Taschentüchern und Kleidern kann schon die Verreibung durch Hantierungen aller Art zu solcher Ablösung feinster flugfähiger Teilchen führen; bei Teppichen kann dies geschehen, wenn nach dem Antrocknen des Auswurfs durch Klopfen oder festes Fegen eine Ablösung von Fasern bewirkt wird.

Die Verbreitung TB-haltigen feinen Staubes ist demgemäß bei weitem nicht so erheblich, wie man früher annahm. Derartiger Staub spielt weder in der Luft der Straßen, noch in öffentlichen Räumen usw. eine Rolle. Dem aufgewirbelten Straßenstaub kann gelegentlich zerriebener Auswurf sich beimengen; aber hier tritt durch die bewegte Luft rasch eine solche Verdünnung ein, daß von einer irgend bedenklichen Gefährdung der Passanten nicht die Rede sein kann. Zahlreiche Proben von in geschlossenen Räumen in Kopfhöhe abgelagertem Staub aus Fabriken, Bureaus, Wartesälen, Straßenbahnwagen ergaben ausnahmslos negative Resultate, selbst wenn mit dem sehr feinen Reagens der subkutanen Meerschweinchenimpfung geprüft wurde. Auch in engen Wohnungen von Phthisikern wurden in dem in 1 m Höhe abgelagerten Staub keine TB gefunden; in Phthisiker-Krankensälen nur zuweilen, namentlich früh nach dem Bettmachen und Reinigen. Im wesentlichen bilden daher nur die von den Taschentüchern und Kleidern des Phthisikers sich ablösenden Fasern in dessen nächster Nähe eine beachtenswertere Gefahr.

Die ausgehusteten Tröpfchen können ebenfalls auf Kleider und verschiedenste Gegenstände geraten. Aber man darf die Menge der in ihnen enthaltenen TB. nicht überschätzen. Selbst ein oft wiederholtes Anhusten liefert auf diese Flächen noch bei weitem nicht so viel TB. wie ein kleiner Rest Sputum; vergleicht man nur die Zahl der Bazillen, so müßte die Gefahr der Tröpfchen gegenüber dem Auswurf geradezu als verschwindend erscheinen, wenn nicht ein besonders wirksamer Übertragungsweg — die Einatmung — den in Tröpfchenform vorhandenen Bazillen ein ganz eigenartiges bedeutendes Übergewicht verliehe. Auf den Flächen abgesetzt bilden die Tröpfchen außerdem eine so außerordentlich dünne Schicht und so kleine Masse, daß die darin enthaltenen TB. durch Belichtung und Austrocknen besonders rasch zu Grunde gehen, und andererseits bewirkt ihr Muzingehalt ein so festes Haften, daß sie nur schwer wieder abgelöst werden.

Übertragungswege.

a) Berührungen. Mit feuchtem oder angetrocknetem oder staubförmig gewordenem Sputum kommen Teile der Haut oder oberflächlichen Schleimhäute in Berührung, an welchen TB. eindringen können (z. B. der Mund bei Küssen; die Konjunktiva des Auges, auch beim Auftreffen von Hustentröpfchen; die Haut der Finger mit kleinsten Wunden, von denen aus lokale Tuberkulose sich entwickelt). Der weitaus häufigste Import vollzieht sich dadurch, daß Infektionsquellen mit den Fingern berührt werden und daß diese in den Mund eingeführt werden. Ganz besonders sind in der ärmeren Bevölkerung und bei unreinlichen Gewohnheiten Kinder exponiert, die auf dem Fußboden kriechen, alles anfassen und die Finger fortgesetzt in den Mund stecken (Schmutz- und Schmierinfektion, namentlich Halsdrüsentuberkulose hervorrufend). Bei Wohlhabenden und Reinlichen kommt diese Art der Infektion weniger in Betracht, ebenso bei allen Erwachsenen, schon weil diese die Finger nicht so lange im Munde halten, daß die Ablösung sich vollziehen kann. Gelegentliche, nicht öfter wiederholte Transporte kleiner Sputummengen führen außerdem vom Mund und vom Darm aus selten zu Erkrankung, weil die erforderliche Dosis für diese Art von Infektion zu hoch liegt.

b) Einatmung. Am gefährlichsten ist die Einatmung einer mit den Hustentröpfchen eines Phthisikers beladenen Luft. Von den eingeatmeten TB. bleibt der weitaus größte Teil auf der Schleimhaut der Nase, der hinteren Rachenwand und des Schlundes mit seinen Adnexen haften. Von dort aus können sie in Lymphbahnen eindringen; oder sie können verschluckt werden und vom Darm aus einwandern. Namentlich bei Kindern kommen in dieser Weise zahlreichste Infektionen zustande. Bei reichlicher Aufnahme von Tröpfchen gelangt aber ein kleiner Teil der Tröpfchen bis in die feineren Bronchien und kann hier primäre Lungentuberkulose veranlassen. Nebenher wird meist lymphatische Tuberkulose bestehen, die aber langsamer vorschreitet. Das Vordringen bis in die Bronchien wird bei Kindern z. B. während des Schreiens sehr erleichtert sein.

Die Gefahr, Tröpfchen mit Tuberkelbazillen gelegentlich durch Inhalation aufzunehmen und sich auf diese Weise zu infizieren, muß sehr groß für diejenigen Menschen sein, welche sich dauernd in der Nähe eines stark hustenden und verspritzenden Phthisikers befinden. Namentlich wird die phthisische Mutter bei der fortgesetzten Wartung ihres Kindes dieses fast sicher durch Tröpfchen infizieren. Bei Ehegatten und sonstigen Familienmitgliedern wird die Gefahr der Tröpfcheninfektion ganz davon abhängen, inwieweit ein dauernd naher Ver-

kehr besteht. Auch Arbeiter, Bureaubeamte usw. können unter Umständen durch Tröpfcheninfektion gefährdet sein, ebenso Schüler, die in der Nähe des phthisischen hustenden Lehrers sitzen. Kurzes, gelegentliches Zusammensein führt schwerlich zur Inhalation der zur Infektion nötigen Mengen von Tröpfchen, zumal wenn der Gesunde sich nicht direkt im Bereich der Hustenstöße befindet. Wo aber wiederholt die Möglichkeit der Aufnahme von Tröpfchen durch Inhalation besteht, da wird dies stets der weit überragende Infektionsmodus sein, hinter dem die Kontaktinfektion und Milchinfektion weit zurücktritt.

Einatmung von trockenen mit TB. beladenen Stäubchen bietet sehr viel geringere Gefahr; teils weil flugfähige TB-haltige Stäubchen nur unter bestimmten Verhältnissen gebildet werden (länger getragene trockene Taschentücher, gelegentliche unvernünftige Wohnungsreinigung), die relativ leicht auszuschließen sind; teils weil die Infektion von den trockenen Stäubchen aus sich schwieriger vollzieht. Immerhin liegt auch hier unter besonderen Umständen größere Gefahr vor.

c) Aufnahme von Nahrung mit bovinen Bazillen. Die TB. der Milch finden sich auch in Sahne, Butter, Magermilch; die Butter erscheint dadurch, daß sie roh genossen wird, besonders gefährlich, während sich der einzelne gegen einen TB-gehalt der Milch durch Aufkochen leicht schützen kann. Immerhin gewährt die hohe Dosis, in welcher intestinale Infektion erst zu positiven Resultaten führt, einen gewissen Schutz gegen alle Nahrungsmittelinfektionen mit TB.; und dieser wird noch verstärkt durch die geringere Virulenz der Perlsuchtstämme gegenüber dem Menschen.

Seit Koch 1901 die von bovinen Bazillen ausgehende Infektionsgefahr als unerheblich bezeichnet hat, sind zahlreiche Untersuchungen angestellt, um die Beteilung des humanen und des bovinen Typus an den Tuberkuloseerkrankungen des Menschen klarzulegen.

Das Ergebnis ist das, daß Tuberkulose bovinen Ursprungs beim Menschen allerdings vorkommt, leichte Erkrankungen an Halsdrüsentuberkulose und Darmtuberkulose bei Kindern in einem relativ großen Bruchteil hervorruft, bei schweren tuberkulösen Affektionen dagegen selten, bei Phthise fast gar nicht beteiligt ist. Allerdings ist behauptet, daß der im Kindesalter aufgenommene Bovinus sich allmählich in den Humanus umwandeln und dann als solcher bei der schließlich sich ausbildenden Lungentuberkulose des Erwachsenen auftreten könne. Die bisherigen Beobachtungen und Experimente sprechen aber gegen eine solche Umwandlung. Wo angeblich eine Umwandlung des T. hum. in T. bov. durch Rinderpassage beobachtet wurde, ist nicht auszuschließen, daß eine bestehende bovine Infektion sich eingeschlichen und die Umwandlung vorgetäuscht hat.

Mit dem Ergebnis dieser Untersuchungen stimmen auch die Enqueten in Ländern oder Bevölkerungsklassen überein, wo Milch und Milchprodukte überhaupt nicht verzehrt werden (Japan, Türkei, Grönland, die Berber in Ägypten

usw.), und wo trotzdem ungefähr die gleiche Frequenz an Tuberkulose vorhanden ist, wie in den Ländern, wo Milch reichlich genossen wird.

Persönliche Disposition.

Neuere Berichte (Nägeli, Burckhardt, Schlimpert) über die Befunde bei Sektionen, die unter sorgfältiger Beachtung aller vorhandenen, auch kleineren oder ausgeheilten tuberkulösen Herde ausgeführt sind, zeigen, daß bei über 90 % der im Krankenhaus Gestorbenen tuberkulöse Prozesse sich abgespielt haben. — Ferner hat die Pirquetsche Kutireaktion (s. unten) ergeben, daß in den Großstädten nahezu 100 % der Kinder bis zur Pubertät bereits merklich infiziert sind, während in den Großstädten nur die Säuglinge, bei der Landbevölkerung in wenig bewohnten Gegenden (Campagna, Russische Steppe), ebenso bei den Wilden dagegen auch die Erwachsenen negativ reagieren.

Wir müssen daraus folgern, das sobald die zur Aufnahme der Bazillen erforderliche Exposition vorliegt, die Ansiedlung des TB. so ziemlich in jedem menschlichen Körper statthat, und daß eine Unempfänglichkeit, die eine solche Ansiedlung unmöglich macht, beim Menschen kaum vorkommt. Die früher oft aufgestellte Behauptung, daß der TB. ubiquitär verbreitet sei und daß erst die Disposition über die Infektionsmöglichkeit entscheide, ist demnach unrichtig; im Gegenteil ist die Disposition für Tuberkulose allgemein verbreitet, und ob eine Erkrankung zustande kommt, das hängt wesentlich davon ab, ob der einzelne der Aufnahme des Bazillus exponiert war.

Dagegen ist der Verlauf der Infektion und die Entscheidung darüber, ob und welche Schädigung des Körpers eintritt und welchen Ausgang die Krankheit nimmt, nicht allein von der Stärke und dem Ort der Infektion, sondern ganz wesentlich auch von der Körperbeschaffenheit abhängig. Während also von einer angeborenen Unempfänglichkeit gegen die Infektion nicht die Rede sein kann, spielt für den Verlauf der Krankheit die Konstitution zweifellos eine wichtige Rolle.

Diesen Einfluß der Konstitution hat man neuerdings genauer zu erkennen versucht; und insbesondere ist man darauf ausgegangen, zu ermitteln, welche Körperbeschaffenheit zu der am meisten gefürchteten Form der tuberkulösen Erkrankung, der von der Lungenspitze allmählich nach abwärts vorschreitenden Lungenschwindsucht, disponiert.

Dabei hat sich zunächst gezeigt, daß nicht etwa ein besonders muskelkräftiger, abgehärteter Körper und blühendes Aussehen eine schützende Rolle zu spielen vermag; vielmehr zeigt die sog. „Athleten-Phthise“ oft gerade einen sehr bösartigen Verlauf. Dagegen lassen sich wohl gewisse Kennzeichen angeben, deren Vorhandensein im allgemeinen

eine ungünstige Prognose, deren Fehlen einen günstigen Verlauf wahrscheinlich macht. Dahin gehören (außer manchen chronischen Krankheiten, wie Diabetes) diejenigen Momente, die zu einer Hemmung der Lymphbewegung und namentlich des Lymphabflusses in der Lungenspitze führen. Eine solche kommt nach Bacmeister zustande 1. durch Verkürzung des ersten Rippenknorpels und Stenosierung der oberen Brustapertur, wie sie bei flachem, langem Thorax mit abstehenden Schulterblättern häufig gefunden wird (Freund, Hart). Es wird dann ein Druck auf die Lungenspitze in der Gegend der Schmorlschen Furche ausgeübt und dadurch der Lymphabfluß gehemmt. Bacmeister konnte experimentell bei Tieren durch eine künstliche entsprechende Kompression die Lungenspitze zur Ansiedlungsstätte von Tuberkelbazillen machen. 2. durch eine Senkung der Aperturebene infolge von Muskelschwäche des Schultergürtels (Haltungsanomalie), wie sie bei schwächlichen, viel sitzenden Individuen gefunden wird. 3. durch Atmungsanomalien infolge von chronischen Katarrhen, erschwerter Nasenatmung (skrophulöse Kinder), fortgesetzter Staubinhalation (Steinhauer). — Auch diese Kennzeichen eines „phthisischen Habitus" sind indessen oft trügerisch.

Ferner ist festgestellt, daß eine Reihe von äußeren Einflüssen einen ungünstigen Verlauf der Phthise unterstützt. Vor allem schlechte Ernährung und besonders Mangel an Eiweiß und Fett. Die günstige Wirkung reichlicher Eiweißzufuhr hat sich auch bei experimenteller Tuberkulose an Schweinen konstatieren lassen. Der Fetthunger, und überhaupt der starke Nahrungsbedarf der Phthisiker, wird von zahlreichen Lungenärzten hervorgehoben. Vielleicht spielt das Fett der Nahrung noch durch die Anregung zur Bildung lipolytischen Ferments, das für die Bekämpfung der TB. in Betracht kommen könnte, eine besondere Rolle (v. Wassermann). — Ein zweites disponierendes Moment ist in dem Mangel an Bewegung im Freien und an Aufenthalt in der Sonne gegeben. Bei ungenügender Bewegung im Freien kommt es leicht zur Ausbildung der Haltungsanomalie; ferner zu Erkältungsneigung, chronischen Katarrhen und infolgedessen zu Atmungsanomalien. Aufenthalt in Sonne kann in spezifischer Weise zur Ausheilung kleiner tuberkulöser Herde beitragen.

Vielfach hat man die Wohnungsverhältnisse als besonders verhängnisvoll für die Tuberkulosefrequenz bezeichnet. In Kap. VII ist bereits ausgeführt, daß diese Einflüsse z. T. auf die Fernhaltung vom Freien zurückzuführen sind; vor allem aber auf die verstärkte Exposition bei großer Wohndichtigkeit, die nicht als bleibende Eigenschaft einer Wohnung, sondern als mißbräuchliche Benutzungsart einer solchen anzusehen ist. Die Bezeichnung der Tuberkulose als einer „Wohnungskrankheit" ist daher unzweckmäßig und leicht irreführend.

Drittens kommt Überanstrengung und ungesunde Beschäftigung in Betracht, z. B. die berufsmäßige Einatmung von scharfem Staub (Steinhauer).

Liegen nach diesen 3 Richtungen die äußeren Verhältnisse günstig, so sehen wir in der Regel einen milden Verlauf der tuberkulösen Erkrankung. Darin liegt der Grund für das von allen Seiten hervorgehobene gute Befinden der mit leichter Tuberkulose eingetretenen Kriegsteilnehmer, die bei guter Ernährung und viel Aufenthalt im Freien vielfach ein Schwinden ihrer Erkrankung erleben konnten; und andererseits für das starke Ansteigen der Todesfälle an Tuberkulose bei der unterernährten und zum Teil überangestrengten Bevölkerung in der Heimat. Die Abnahme der Tuberkulose-Todesfälle bis etwa auf die Hälfte, die im Laufe der letzten 40 Jahre festgestellt wurde, hat sich in der Zivilbevölkerung während der Kriegsjahre wieder völlig ausgeglichen, so daß die Frequenzziffer von 1890 erreicht wurde. Ob diese Zunahme der Todesfälle auch von einer entsprechenden Steigerung der Erkrankungen begleitet gewesen ist, läßt sich zur Zeit noch nicht feststellen. Die Zahl der Todesfälle ist in Deutschland übrigens in den Jahren 1919 und 1920 rasch wieder auf den Stand von 1914 zurückgegangen.

Von besonderer Bedeutung für den Verlauf der tuberkulösen Erkrankung ist dann aber noch die oft im Kindesalter erworbene spezifische Immunität.

Das Tierexperiment hat uns gelehrt, daß das Überstehen einer tuberkulösen Infektion eine relative Immunität gegen eine zweite Infektion gewährt; und das gleiche müssen wir bezüglich des infizierten Menschen annehmen, da bei diesem die Halsdrüsen, der Darm usw. oft lange Zeit von tuberkulösen Prozessen frei bleiben trotz vielfachen Kontakts mit Tuberkelbazillen, ebenso andere Teile der Lunge, obwohl durch Einatmung der eigenen Hustentröpfchen massenhaft Gelegenheit zur Infektion gegeben ist. Andererseits muß angenommen werden, daß die im Kindesalter durch leichte Erkrankung erworbene Immunität einen unvollständigen Schutz gewährt und daß gelegentlich Reïnfektion durch massiven Import entweder von eigenen Herden aus oder exogen von der Umwelt aus erfolgen kann. Gerade in diesen Fällen entsteht dann typische Lungenschwindsucht mit protrahiertem Verlauf, zumal auch bei solchen Kindern mit Drüsentuberkulose u. dgl. Haltungs- und Atmungsanomalien infolge von Muskelschwäche, chronischen Katarrhen usw. sehr verbreitet sind. — Fehlt die Durchseuchung im Kindesalter, dann sehen wir bei später eintretender Infektion meist eine anders verlaufende Tuberkulose auftreten, mit stark letaler Tendenz, in Form der käsigen Pneumonie oder sog. galoppierenden Schwindsucht, wie dies von Metschnikoff in der Kalmückensteppe, von Westenhöfer in Chile beobachtet ist. — Vielleicht läßt sich diese spezifische

Immunisierung zu einer praktischen Bekämpfung der Tuberkulose benutzen (s. unten).

Bekämpfung der Tuberkulose.

Die Bekämpfung kann sich entweder gegen die Verbreitung und die Aufnahme des Bazillus richten, oder gegen die persönliche Empfänglichkeit.

1. Bekämpfung der Infektion. Nachdem die neueren Untersuchungen mit voller Deutlichkeit gezeigt haben, daß vom Kranken die wesentlichste Infektionsgefahr ausgeht und daß die TB. keineswegs ubiquitär verbreitet sind, müssen auch unsere Maßnahmen zur Verhütung der Weiterverbreitung sich wesentlich gegen den Kranken, gegen die von ihm gelieferten Infektionsquellen und gegen die Aufnahme der in diesen enthaltenen Erreger durch Gesunde richten.

Wie bei anderen kontagiösen Krankheiten kommt zunächst die Erkennung der Krankheit, dann die Meldepflicht und die Isolierung des Kranken in Frage.

Zur Erkennung dient 1. der mikroskopische Nachweis von Tuberkelbazillen im Sputum, eventuell unter Zuhilfenahme der Homogenisierung des von mehreren Tagen gesammelten Auswurfs.

2. die Prüfung mit Tuberkulin; auf das Einbringen kleiner Mengen dieses Kulturextraktes tritt bei Tuberkulösen eine Überempfindlichkeit zutage, die sich durch entzündliche Reaktion an der Impfstelle äußert; bei subkutaner Injektion entsteht eine solche auch an der Stelle des tuberkulösen Herdes, außerdem etwas Fieber usw. Man sucht sich diesen Vorgang beispielsweise dadurch zu erklären, daß bei Tuberkulösen durch die Tuberkelbazillen fortgesetzt Tuberkulin produziert und daß daraufhin Antituberkulin gebildet wird, das sich namentlich in den Herden, in kleinerer Menge in vielen anderen Körperzellen vorfindet. An dieses Antituberkulin wird das eingespritzte Tuberkulin fixiert, gleichzeitig wird Komplement absorbiert und es entstehen toxische Abbauprodukte. Bei fortgesetzter Behandlung mit Tuberkulin kann der Körper Tuberkulinimmunität erwerben, indem freies Antituberkulin im Säftestrom so reichlich zirkuliert, daß es das ganze Tuberkulin mit Beschlag zu belegen vermag. — Angewendet wird das Tuberkulin zur Diagnose hauptsächlich in folgender Form:

Kuti-(Kutan-)reaktion nach v. Pirquet. Mittels Impfbohrers 3 Skarifikationen auf dem Oberarm, 2 auf Stellen mit 1 Tropfen Alttuberkulin (Koch), 1 ohne solches. — Perkutanreaktion nach Moro, Petruschky. Salbe von Tuberkulin und Lanolin aa ½ Minute verrieben. — Intrakutanreaktion (Römer), Einspritzung von verdünntem Tuberkulin in die Haut. Empfindlichste Reaktion.

Diese Methoden zeigen auch „passive" Herde an. Nur „aktive", vorschreitende Infektion werden nachgewiesen durch die:

Ophthalmoreaktion (Calmette, Wolff-Eisner). 1 % Tuberkulin 1 Tropfen auf die Konjunktivalschleimhaut des unteren Lides. Nicht ohne Gefahr

wegen schwerer Affektionen, die gelegentlich eintreten. — Subkutane Tuberkulinprobe (Koch). Zuerst 1 mg, bei Kranken und Kindern 0,1 mg. Nach einigen Tagen Wiederholung. — Außerdem können zur Diagnose herangezogen werden, ohne daß sie besondere Vorteile bieten:

3. Opsonischer Index des Serums nach Wright (s. S. 622); 4. Komplementfixierung mit Serum des Kranken und Tuberkulin. 5. Anaphylaktischer Versuch. Serum des Kranken intraperitoneal injizieren = passive Anaphylaxie; nach 1—2 Tagen Tuberkulin. 6. Kobragift-Aktivierung (Calmette). Kobratoxin löst Pferde-Erythrozyten nur bei Gegenwart von Lezithin. Serum Tuberkulöser ist besonders reich an Lezithin; daher bei Tuberkulose positive Hämolyse.

Ist Tuberkulose festgestellt, so läßt sich allerdings schwer für jeden Fall von beginnender, wieder ausheilender oder sich über viele Jahre hinziehender Phthise die Meldepflicht und die Isolierung des Kranken durchsetzen. Aber doch wäre es von größter Wichtigkeit, wenn wir eine gesetzliche Handhabe bekämen, auf welche hin in solchen Fällen, wo der Phthisiker in evidentem Maße eine Gefahr für seine Umgebung bildet (z. B. Lehrer), besondere Vorsichtsmaßregeln in Anwendung gezogen werden können. In Norwegen ist man bei der Durchführung eines strengen Tuberkulosegesetzes auf keine erheblichen Schwierigkeiten gestoßen.

In Deutschland wird zur Zeit die Isolierung zu einem Teile verwirklicht durch die zahlreichen Lungenheilstätten, die nicht die vorgeschrittenen, sondern Anfangsstadien aufnehmen, bei diesen den Verlauf der Erkrankung günstig beeinflussen und außerdem die Kranken zu einem Verhalten erziehen, durch das späterhin die Gefahr für die Umgebung herabgemindert wird.

Rekonvaleszentenheime, ländliche Arbeiterkolonien nehmen einen Teil der bereits gebesserten Phthisiker auf und sorgen dafür, daß der Verstreuung des meist noch vorhandenen Kontagiums vorgebeugt wird. Einen ähnlichen Zweck erfüllen die Walderholungsstätten, in denen Phthisiker sich den ganzen Tag über aufhalten und wo sie ebenfalls ein die Gefahr für ihre Umgebung möglichst herabsetzendes Verhalten erlernen. Nach dem „Bericht des Deutschen Zentral-Komitees zur Errichtung von Heilstätten für Lungenkranke“ sind in Deutschland 1913 147 Heilstätten mit 15 278 Betten, 27 Kinderheilstätten für tuberkulöse Kinder, 103 Kinderheilstätten für Vortuberkulose, Skrofulose usw., 22 Heilstätten für Knochen- und Gelenktuberkulose, 114 Tages-Erholungsstätten, außerdem 28 Genesungsheime in Betrieb.

Außerdem bestehen in Deutschland 825 Polikliniken (Dispensaires) für Lungenkranke, die mit einer Fürsorgestelle verbunden sind. Hier sollen nach der poliklinischen Feststellung des Leidens die häuslichen Verhältnisse des Patienten ermittelt werden, und falls die Gefahr der Kontagiumverstreuung erheblich befunden wird, sucht man entweder den Kranken in eine der vorgenannten Anstalten zu überführen,

oder sorgt dafür, daß Betten, Wäsche, Spucknäpfe usw. unentgeltlich geliefert, daß für die Kinderpflege, Reinigung usw. Hilfskräfte gestellt, Kinder eventuell zeitweise in anderen Familien untergebracht werden. Dazu kommt eine fortgesetzte Belehrung des Kranken über ein zweckentsprechendes Verhalten; in besonderen Fällen werden auch Mittel gewährt, um ein Zimmer zuzumieten. Durch diese Einrichtungen kann der Ausstreuung des Kontagiums sehr wirksam entgegengearbeitet werden. — Für die Lungenkranken in vorgeschrittenem Stadium, sind 144 besondere Pflegeheime oder Spezialabteilungen bei allgemeinen Krankenhäusern vorhanden, die aber zum großen Teil den zu stellenden Anforderungen nicht entsprechen.

Gegen die Infektionsquellen muß in der Weise vorgegangen werden, daß bezüglich des Auswurfs Warnungen vor dem Entleeren auf den Fußboden von geschlossenen Räumen erlassen werden (auch in Restaurants, Wartehallen, Bahnwagen usw.). Stets sollen hier Spucknäpfe zur Aufnahme des Auswurfs bereit stehen.

Meistens schreibt man die Füllung der Spucknäpfe mit Wasser, Karbolsäure u. dgl. vor und warnt vor trockener Füllung. Diese Warnung ist unbegründet; zu einem Verstäuben von Tuberkelbazillen aus einem Spucknapf heraus kommt es auch bei Füllung mit Sand, Kaffeesatz, Lohe, Sägespänen u. dgl. nachweislich niemals, außer wenn man unnatürlichste Versuchsbedingungen einführt. Trockene Füllung ist aus praktischen Gründen sogar meist vorzuziehen. — Die Entleerung, Desinfektion und Reinigung der Spucknäpfe bereitet viel Schwierigkeiten. Eine wirksame Desinfektion erfolgt durch Kochen in Kirchners „Sputumdesinfektor", der in Krankenhäusern und Heilstätten sich bewährt hat, aber für private Haushaltungen nicht in Frage kommt. Von chemischen Desinfektionsmitteln wirkt nur 5‰ige Sublimatlösung (mit dem Cl-Na-zusatz der Angererpastillen) innerhalb 3 Stunden genügend; die neuerdings vielfach empfohlenen Chlorkresolpräparate, wie Phobrol, Sagrotan usw. töten die Bazillen zu langsam und sind zu teuer. — Sicher und billig ist die Desinfektion durch die beim Löschen des Kalks entstehende, über 100° betragende Hitze; dem in 20%iger Kalkmilch aufgefangenen und dadurch homogenisierten Sputum wird ungefähr die doppelte Menge guter ungelöschter Kalk zugesetzt; bei Beginn der Dampfentwicklung ist umzurühren (Schuster). — Billig und für das Personal angenehm ist die Verwendung von verbrennbaren Karton-Spucknäpfen (von Fingerhut & Co. in Breslau zu sehr geringen Preisen geliefert).

Statt der Spucknäpfe kann der Kranke ein Spuckfläschchen (nach Knopf oder Dettweiler) benutzen. Nur ausnahmsweise ist der Auswurf in das Taschentuch zu entleeren, das für gewöhnlich nur dazu dienen soll, die Sputumreste von Mund und Bart abzuwischen. Diese Taschentücher sind höchstens einen Tag zu benutzen, weil sonst solches Austrocknen stattfinden kann, daß sich Fasern mit trocke-

nen Sputumteilchen leicht ablösen; ferner soll sie der Kranke nicht achtlos umherliegen lassen. Empfehlenswert ist die Benutzung von Papiertaschentüchern, die nach dem Gebrauch verbrannt werden. — Sputumreste finden sich bei den meisten Kranken noch an den Kleidern (Tascheneingang) und an den Fingern. Letztere sind öfters, und jedenfalls nach merklicher Beschmutzung mit Sputum, zu reinigen bzw. zu desinfizieren; die Kleider sind von Zeit zu Zeit mit Sublimatlösung abzureiben; Wäsche ist in einem Sack zu sammeln und in diesem durchzukochen; Staubentwickelung in Räumen mit Phthisikern ist nach Möglichkeit zu vermeiden; die Reinigung ist sets feucht vorzunehmen; statt der Teppiche sollen abwaschbare glatte Auflagen den Fußboden bedecken. Ist der Kranke in ein Krankenhaus übergeführt oder gestorben, so ist die Bettwäsche durch Auskochen, die Kleider, Betten, Matratzen usw., bei starker Verschmutzung in der Desinfektionsanstalt, sonst durch Abreiben mit Sublimatlösung zu desinfizieren. Letzteres Verfahren ist auch für die Bettstelle, den Fußboden des Krankenzimmers, den Waschtisch und seine Ausrüstung zu benutzen. — Wechselt der Kranke seine Wohnung und hinterläßt nur die leeren Räume, so kann die Desinfektion sich auf ein Abwaschen des Fußbodens und der an das Bett angrenzenden Wandteile mit Sublimatlösung in den vom Kranken benutzten Räumen beschränken; nach frühestens 6 Stunden hat eine gründliche Reinigung mit Seife und heißer Sodalösung zu erfolgen, die auch auf die übrigen Wohnungsteile auszudehnen ist und in diesen als ausreichende Desinfektion angesehen werden kann.

Die Tröpfchenverstreuung soll dadurch möglichst eingeschränkt werden, daß der Phthisiker sich während der Hustenstöße auf Armlänge von anderen Menschen fernhält, den Kopf von diesen abwendet und die Hand (besser als das Taschentuch, weil von diesem nach dem Trocknen sich Fasern mit TB ablösen können) vor den Mund hält. In Arbeitsräumen, Bureaus u. dgl. betrage der Abstand zwischen den Köpfen der Arbeitenden mindestens 1 Meter. An Schreibpulten läßt sich eine trennende Glaswand von ½ Meter über Kopfhöhe zwischen den einander gegenübersitzenden Schreibenden anbringen, zwischen benachbarten Arbeitern seitlich trennende Zwischenwände. — Auch im Krankenzimmer ist die Abgrenzung des Bettes durch einen durchsichtigen oder undurchsichtigen glatten Vorsetzer von Vorteil. Die Hauptsache bleibt indes stets die richtige Erziehung des Kranken zu einem die Umgebung möglichst wenig gefährdenden Hustenmodus und zu vorschriftsmäßiger Beseitigung des Sputums.

Gegen bovine Bazillen ist — neben Sterilisierung der Verkaufsmilch usw. — eine möglichste Tilgung der Rindertuberkulose anzustreben.

Diese soll nach Kochs Vorschlag dadurch erfolgen, daß eine Abschlachtung aller auf Tuberkulin reagierenden Kühe vorgenommen wird. Dabei sind indes die Verluste zu groß. — Nach dem Bangschen Verfahren sind die auf Tuberkulin reagierenden Tiere zu trennen und erst allmählich abzuschlachten; nur die nicht reagierenden sind zur Aufzucht zu verwenden. — Ostertag merzt nur die Rinder mit offener Tuberkulose (Darm-, Uterus-, Eutertuberkulose) aus auf Grund der Untersuchung von Kot, Scheidenschleim und Milch. Kälber verdächtiger Herkunft werden mit auf 85° erhitzter Milch aufgezogen und später mit Tuberkulin geprüft. — Auch aktive Immunisierung ist von vielen Autoren empfohlen, z. B. nach v. Behring mit Bovovaccin, nach Koch und Schütz mit Tauruman, nach Heymann und Klimmer mit Antiphymatol — sämtlich Impfstoffen, die aus abgeschwächten menschlichen Bazillen bestehen. Die Immunität ist bei allen unsicher, die eingebrachten Bazillen halten sich lange und bedingen dadurch Gefahr für den Menschen. — Beim Schwein erfolgt die Infektion stets durch Verzehren von Milch und Molkereiabfällen. Der Zentrifugenschlamm muß daher vernichtet werden, die Magermilch darf nur erhitzt von den Molkereien abgegeben werden.

Auch die Übertragungswege lassen sich einengen. Häufige Reinigung der Hände und Unterlassen häufiger Berührungen der Nasen- und Mundschleimhaut schützt gegen infektiöse Kontakte. Kindern in verdächtiger Umgebung muß Betasten von Taschentüchern und Kleidern des Kranken und besonders das Lutschen an den Fingern verboten werden; ihre Hände müssen häufig gereinigt werden.

Gegen die Einatmung von Hustentröpfchen kann der Gesunde sich dadurch schützen, daß auch er seinerseits während des Hustens des Kranken für einen Abstand von etwa 1 Meter sorgt, daß er aus der Richtung des Hustenstoßes heraustritt oder sich zur Seite wendet, oder wenigstens für kurze Zeit den Atem anhält, wenn diese Sicherungen versagen. Pflegerinnen sollen während der Hustenstöße des Kranken von rückwärts oder seitlich an ihn herantreten und sorgen, daß sie die mit Tröpfchen beladene Exspirationsluft nicht unmittelbar einatmen. Das ist möglich, ohne daß die Pflege des Kranken darunter leidet. — Ist in einer Phthisikerwohnung durch trockene Reinigung oder dgl. Staub aufgewirbelt, so soll der Gesunde das Betreten dieser Räume meiden oder durch Zuglüftung die Luft sofort reinigen.

Gegen die Aufnahme TB-haltiger Nahrung schützt Abkochen der Milch, Genuß von Butter nur aus pasteurisiertem Rahm.

2. Bekämpfung der Disposition.

Wie oben gezeigt wurde, stellt die natürliche Disposition bzw. Konstitution einen schwer angreifbaren und dazu bei jedem Individuum zeitlich stark wechselnden Faktor dar, der für eine Bekämpfung der Tuberkulose bei weitem nicht so gute Aussichten bietet, wie das Vor-

gehen gegen die Übertragung des Bazillus. — Immerhin können und werden wir durch gute Ernährung des Kranken, namentlich mit Eiweiß und Fett, und durch viel Aufenthalt im Freien und in Sonne den Verlauf der Erkrankung nach Möglichkeit günstig zu beeinflussen suchen. Aber wir werden das schwerlich Jahre und Jahrzehnte lang für die Million Tuberkulöser, die mindestens ständig in Deutschland vorhanden sind, durchführen können; und wir werden in sehr vielen Fällen ein voll befriedigendes Resultat nicht erzielen. Noch weniger Aussicht bietet die prophylaktische Kräftigung der Konstitution der Gesunden. Gegen die Möglichkeit einer Ansiedlung bietet auch die beste Konstitution keinen Schutz; und aus jeder Infektion kann schwere Erkrankung entstehen, wenn aus irgendeinem Grunde (Reisen, andere Krankheiten usw.) reichlichste Ernährung und sorgfältigste sonstige Körperpflege sich nicht wie sonst einhalten läßt.

Mehr Aussicht bietet die spezifische Immunisierung, über die in der Neuzeit sehr zahlreiche Untersuchungen angestellt sind.

Aktive Immunisierung beim Menschen ist versucht a) mit lebenden Kulturen. Perlsuchtbazillen wurden von Baumgarten und von Klemperer (an sich selbst) versucht. Moeller experimentierte an sich mit Blindschleichenbazillen. Friedmann empfiehlt zur Immunisierung von Kindern Schildkrötenbazillen; an einer größeren Anzahl von Waisenkindern hat er festgestellt, daß durch die von ihm subkutan einverleibten Dosen einer Kultur Gesundheitsschädigungen nicht hervorgerufen werden. Ob und für wie lange ein Schutz erreicht wurde, hat sich bisher nicht mit Sicherheit fesstellen lassen. Der Ausfall der Tierversuche mit derselben Kultur ist wenig ermutigend. b) mit Kulturextrakten. Hierher gehört das Kochsche Alt-Tuberkulin; im wesentlichen ein Glyzerin-Wasser-Extrakt aus 7 Wochen alten Kulturen; hat — neben der diagnostischen Erkennung der Tuberkulose — bei einer mit kleinsten Dosen beginnenden und lange fortgesetzten Therapie nach allen neueren Berichten in frühen Stadien der Krankheit ausgezeichnetes geleistet. — Beim Kochschen Neu-Tuberkulin werden die ganzen Kulturen getrocknet und dann trocken sehr fein verrieben; durch Aufschwemmen in Wasser und Zentrifugieren erhält man zwei Schichten, oben (TO) die löslichen Bestandteile, unten (TR) den unlöslichen Rückstand; gerade letzterer soll von Bedeutung sein und die relativ weitgehendste Immunität bei Versuchstieren ergeben. Auch die kombinierte Anwendung beider Anteile in Form Emulsion der zerriebenen Bazillen wird mit Erfolg angewendet. — Ähnliche Präparate sind von Landmann, Buchner, Hahn, v. Behring, Spengler, Klebs, Maragliano und vielen anderen wesentlich für therapeutische Zwecke hergestellt.

Zur Serumtherapie werden auch Sera benutzt, z. B. das nach Maraglianos Vorschrift von Pferden gewonnene, die mit Toxalbuminen der Tuberkelbazillen und Tuberkulin vorbehandelt waren; oder das Marmoreksche Serum von Pferden, die mit den Antigenen ganz junger Tuberkelbazillen behandelt sind. Die Ansichten über die Erfolge sind geteilt.

Eine sichere und dauerhafte Immunisierung ist zurzeit nicht einmal bei Versuchstieren möglich, geschweige denn beim Menschen, dessen Empfänglichkeit gegen Tuberkulose offenbar sehr groß ist. Hinterläßt doch beim Menschen selbst das Überstehen schwerer tuberkulöser Erkrankungen meist keine dauernde Immunität, sondern es wird höchstens so lange ein gewisser Schutz gegen Neuinfektion gewährt, als der alte Herd noch besteht und der Neuansiedelung von TB entgegenwirkt.

Nur eine unvollkommene und zeitlich beschränkte Immunität wird daher durch Schutzimpfung zu erreichen sein; und zwar nicht durch totes Antigen, sondern durch lebende, in geeignetem Grade abgeschwächte Bazillen, die für einige Zeit eine Art Herdbildung veranlassen. — Aber auch eine solche teilweise Immunisierung könnte immerhin unter Umständen praktischen Wert haben. Nicht selten kommen verzweifelte Fälle vor, wo die Gefährdung der gesunden Umgebung eines Kranken und namentlich kleiner Kinder außerordentlich groß und Abhilfe durch Bekämpfung der Infektionsquellen und Übertragungswege ganz aussichtslos ist. Hier ist von einer gewissen Immunisierung nur für ein Jahr oder weniger schon viel zu erhoffen; und für solche Fälle ist eine Immunisierung durch das Friedmannsche Mittel oder andere ähnliche Präparate, über welche die Untersuchungen noch nicht abgeschlossen sind und die jenes vielleicht noch übertreffen, nicht ganz von der Hand zu weisen. Dagegen sind für eine allgemeine Immunisierung die erforderlichen Voraussetzungen entschieden nicht vorhanden, und ein Hinweis auf die Analogie mit der Pockenschutzimpfung ist deshalb verfehlt, weil bei den Pocken eine Krankheit vorliegt, die wirklich ausgesprochene langdauernde Immunität nach dem Überstehen der Krankheit oder nach der Schutzimpfung hinterläßt, und für die außerdem ein jederzeit herzustellender zuverlässiger Impfstoff von konstanter Virulenz vorhanden ist.

Erfolge der Tuberkulosebekämpfung. Die in Fig. 194 wiedergegebene Kurve der Tuberkulosesterblichkeit in Deutschland zeigt deutlich, daß seit dem Jahre 1886 eine sehr erhebliche Abnahme der Todesfälle an Tuberkulose stattgefunden hat. Die Ursachen dieser Bewegung sind nicht leicht zu erkennen. Aus einem Vergleich mit anderen Ländern ist zunächst zu entnehmen, daß in England und Schottland die gleiche Abnahme schon viel früher einsetzt und noch stärker fortschreitet. Andere Länder, in denen der Kampf gegen die Tuberkulose ebenso lebhaft wie in Deutschland geführt ist, wie Österreich, Frankreich, Norwegen, Schweden, zeigen diese Abnahme nicht; ebenso liefert Irland eher eine aufsteigende Kurve. Newsholme hat den Unterschied zwischen England und Irland namentlich darauf zurückgeführt, daß die der Armen-

pflege anheimfallenden Phthisiker in vorgeschrittenen Stadien in England (und Schottland) geschlossenen Anstalten überwiesen und in diesen asyliert werden, während sie in Irland mit Geld unterstützt werden und in den Familien verbleiben. — Da die Abnahme der Todesfälle in Deutschland hauptsächlich die höheren Lebensalter betrifft, wird man



Fig. 194. Verlauf der Tuberkulosesterblichkeit in Preußen und England (nach A. Kayserling).

hier an eine Wirkung der Fürsorge- und Heilstättenbewegung, vor allem aber der 1883—85 erlassenen Versicherungsgesetze denken müssen, die dem älteren Phthisiker eine bessere ärztliche Behandlung und Pflege schaffen und sein Leben protrahieren, und außerdem viele Infektionsquellen isolieren und unwirksam machen. Hierfür kommen namentlich die allgemeinen Krankenhäuser in Betracht, die jetzt etwa 80 000 Phthisiker mehr in Pflege nehmen, als vor 30 Jahren. Die Heilstätten sind von diesem hygienischen Gesichtspunkt aus nicht von gleicher Bedeutung, weil sie Anfangsstadien heraussuchen, bei denen die Behandlung noch Erfolge bezüglich der Arbeitsfähigkeit ver-

spricht; sie nehmen die Kranken auch nur für ¼ Jahr auf. Damit wird erzielt, daß die Phthisiker wohl länger am Leben erhalten werden, aber auch um so länger ihre Familien und speziell die Kinder gefährden, selbst wenn man in Rechnung zieht, daß bei einem Teil der aus den Heilstätten Entlassenen das erlernte Verhalten im Verkehr mit anderen Menschen vor einer Ausstreuung des Kontagiums schützen wird. Die Asylierung der vorgeschrittenen Stadien in Krankenhäusern und Heimen gewährt gegen die von diesen Kranken ausgehende Infektion besseren Schutz.

Eine ausreichende Erklärung für den starken Abfall der Sterblichkeitskurve in Deutschland und den gleich starken, aber 40 Jahre früher einsetzenden in England geben aber im Grunde weder die Heilstätten- und Fürsorgebewegung, noch die Versicherungsgesetze, noch die bessere Asylierung, zumal alle diese Maßnahmen auch in den Ländern ergriffen sind, die den Abfall der Sterblichkeit nicht zeigen. Dagegen ist vermutlich ein Moment von größter Bedeutung: Die Industrialisierung und die mächtige Abwanderung der Bevölkerung vom Lande in die Städte und Industriezentren, die gerade in England und in Deutschland sich vollzogen hat, in England nur etwa 40 Jahre früher als in Deutschland. Diejenigen Länder, in denen die Verschiebung der ländlichen und städtischen Bevölkerung gar nicht oder nicht in dem Maße sich vollzogen hat (Irland, Österreich, Frankreich, Norwegen usw.), weisen merkwürdigerweise auch nicht die starke Abnahme der Tuberkulosesterblichkeit auf. Es läßt sich dies verstehen, wenn man bedenkt, daß nach zweierlei Richtungen die Industrialisierung auf die Tuberkulosefrequenz günstig eingewirkt haben kann. Einmal muß die Verbesserung der wirtschaftlichen Lage breiter Volksschichten, die mit der Industrialisierung verbunden ist, eine bessere Ernährung zahlreicher mit Tuberkulose behafteter Menschen und dadurch einen langsameren Verlauf der Erkrankung bewirkt haben. Und zweitens hat das stärkere Zusammendrängen der Menschen sicher zu einer Ausbreitung der Infektion, zu einer völligen Durchseuchung der städtischen Kinder, und damit zu der unvollkommenen Immunisierung geführt, auf deren Grundlage spätere Infektionen zu einer besonders chronisch verlaufenden Phthise Anlaß geben.

Genau genommen, bedeutet dann die in Deutschland beobachtete Abnahme der Tuberkulosemortalität nicht etwa eine Abnahme der Frequenz der Krankheit. Es erkranken daran jetzt eher mehr als weniger Menschen; aber die Tuberkulose führt langsamer zum Tode, und es treten häufiger andere Krankheiten dazwischen, die als Todesursache registriert werden. Eine hygienische Besserung kann in den dadurch geschaffenen Zuständen kaum erblickt haben; die ausmerzende Wirkung der

Tuberkulose tritt zurück, aber die entartende wird gesteigert (Grotjahn).

In der gleichen Weise wirkt offenbar jede ausschließliche Bekämpfung der Konstitution. Mit guter Ernährung und selbst mit teilweiser spezifischer Immunisierung erreichen wir nur ein längeres Hinziehen der tuberkulösen Erkrankung. Aber der Kranke bleibt Infektionsquelle und verbreitet die Seuche sogar entsprechend länger; die Mehrzahl der Infizierten ist außerdem nicht voll leistungsfähig; und sobald die stete Berücksichtigung der Konstitution einmal nachläßt, sobald z. B. die Ernährung notgedrungen heruntergeht, erleben wir ein so bösartiges Emporschnellen der Todesfälle, wie es uns die Kriegszeit gebracht hat. Diese Erwägungen müssen uns daher immer von neuem veranlassen, die Bekämpfung des Kontagiums über der Beeinflussung der Konstitution nicht zu vergessen. Nur unter gleichzeitiger Bekämpfung der Infektionsquellen und durch Einengung der Ansteckungswege vermögen wir diese schlimmste Volksseuche wirklich in ihrer Ausbreitung zu hemmen und weittragende schädliche Folgen zu verhüten.

Preußisches Seuchengesetz. Die Todesfälle an Lungen- oder Kehlkopftuberkulose sind meldepflichtig. Es kann in diesen Fällen Desinfektion der Wohnung des Verstorbenen angeordnet werden. Durch Ministerialverfügung vom 9. Juli 1907 wurden diese Bestimmungen für die Schulen noch in folgender Weise ergänzt:

§ 4. Lehrer und Schüler, welche an Lungen- und Kehlkopftuberkulose leiden, dürfen, wenn und solange Tuberkelbazillen in dem Auswurf enthalten sind, die Schulräume nicht betreten.

§ 10. Es ist darauf zu halten, daß Lehrer und Schüler, welche unter Erscheinungen erkrankt sind, die den Verdacht der Lungen- und Kehlkopftuberkulose erwecken, — Mattigkeit, Abmagerung, Blässe, Hüsteln, Auswurf usw. — einen Arzt befragen und ihren Auswurf bakteriologisch untersuchen lassen. — Es ist Sorge dafür zu tragen, daß in den Schulen an geeigneten Plätzen leicht erreichbare, mit Wasser gefüllte Speigefäße in ausreichender Anzahl vorhanden sind. Das Spucken auf den Fußboden der Schulzimmer, Korridore, Treppen, sowie auf den Schulhof ist zu untersagen und nötigenfalls zu bestrafen.

19. Bacillus leprae (Aussatzbazillus).

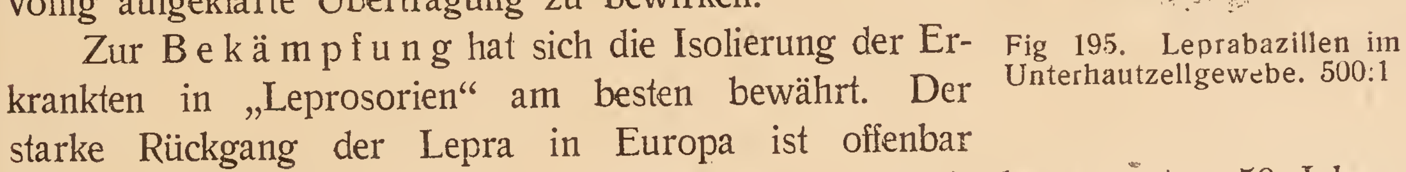
Bei allen Formen des Aussatzes finden sich in den erkrankten Organen, z. B. in den Tumoren der Haut und auf den ulzerierenden Schleimhäuten (besonders der Nase), außerordentlich zahlreiche Bazillen, meist in Haufen gelagert und oft in eigentümliche große rundliche Zellen eingebettet. Die Bazillen messen 3—6 μ, nehmen Farbstoffe auch ohne Alkalizusatz auf, widerstehen aber der Entfärbung in ähnlicher Weise, wenn auch nicht so energisch wie die Tuberkelbazillen. In künstlichen Kulturen kommt kein Wachstum, oder aber Wachstum nicht säurefester Bazillen zustande, deren Identität mit Leprabazillen nicht völlig gesichert ist. Auch bei Übertragungen auf Tiere hat man bisher nur ausnahmsweise ein undeut-

liches Wachstum der eingebrachten Knoten beobachtet. — Aus der Verbreitung der Bazillen in den erkrankten Organen, aus der Konstanz und Ausschließlichkeit ihres Vorkommens dürfen wir trotzdem auf ihre ätiologische Bedeutung schließen.

Epidemiologie. Im Altertum und noch im Mittelalter war der Aussatz in Europa sehr stark verbreitet; jetzt findet man ihn in größerer Ausdehnung nur noch in Norwegen und in verschiedenen außereuropäischen Ländern, in Indien, China, Japan, Südamerika usw. Die Erreger gelangen am reichlichsten von den Geschwüren der Nasenschleimhaut aus durch Niesen und Husten nach außen. Die Einatmung oder auch einfache Berührungen reichen aber augenscheinlich noch nicht zur Infektion aus; Ärzte, Pfleger werden selten ergriffen. Eine im engsten Verkehr zustande kommende Masseninfektion oder eine besondere Disposition gehören dazu, um die noch nicht völlig aufgeklärte Übertragung zu bewirken.



Fig 195. Leprabazillen im Unterhautzellgewebe. 500:1



Zur *Bekämpfung* hat sich die Isolierung der Erkrankten in „Leprosorien“ am besten bewährt. Der starke Rückgang der Lepra in Europa ist offenbar auf diesem Wege erreicht. Auch in Norwegen sind seit den vor etwa 50 Jahren erfolgten strengen Isoliermaßregeln nur wenig neue Fälle zu verzeichnen. — In Deutschland gelten für Lepra die Bestimmungen des *Reichs*seuchengesetzes. Etwa 30 Lepröse leben in dem bei Memel eingerichteten Leprösenheim.

20., 21., 22. Die anaëroben Wundinfektionserreger.

Eine gefährliche Komplikation von Wunden, die ganz oder teilweise vom Luftzutritt abgeschlossen und in welche Teilchen von gedüngter Erde gelangt sind, bilden gewisse anaërobe Infektionserreger: Der *Tetanusbazillus*, der *Gasbrandbazillus* und der *Erreger des Gasödems*. Während des letzten Krieges haben diese Komplikationen sehr zahlreiche Opfer gefordert bzw. Anlaß zu Amputationen gegeben.

Geeignete *Wunden*, die man kurzweg als *anaërobe* Wunden bezeichnen kann, sind entweder Kanäle, die sich nach der Verletzung wieder schließen, z. B. Stichkanäle durch Schiefer und Splitter, Schußkanäle usw. Oder größere Wunden mit Zerreißung der Weichteile und Bildung von Buchten und Gängen, in welche die Luft nicht einzudringen vermag, wie sie z. B. durch Granatsplitter, durch Überfahren u. dgl. hervorgerufen werden können.

Die Infektion solcher Wunden erfolgt zuweilen durch die dem verletzenden Material anhaftende Erde (z. B. mit Erde verunreinigter Holzschiefer); meistens dadurch, daß Erdteilchen, die schon vorher beim Lagern auf dem Erdboden, durch verspritzte Erdteilchen oder durch

Staub auf die Körperoberfläche und in die Kleidung geraten waren, in die Wunde hineingerissen werden; seltener durch nachträgliche Infektion.

Erde, die keine Düngung erfahren hat, verursacht keine Infektion; je stärker und je häufiger wiederholt die Düngung stattgefunden hat, um so mehr steigern sich die Infektionsaussichten. Auf dem nicht intensiv bearbeiteten Ackerboden des Russischen Kriegsschauplatzes sind deshalb Infektionen viel seltener vorgekommen, als an der französischen Front, wo ein in alter Kultur stehender Boden vorlag.

Daß die Gefahr nur von der Düngung des Bodens ausgeht, liegt daran, daß die betreffenden Erreger eine anaërobe Wucherungsstätte nur im Darmkanal der Pflanzenfresser finden. Namentlich im Blinddarm der Pferde haben die anaëroben Bakterien günstigste Lebensbedingungen; hier etabliert sich Buttersäure-, Zellulosegärung und Fäulnis durch anaërobe Bazillen, hier wuchern auch die Rauschbrand-, Gasbrand-, Tetanusbazillen usw. Mit dem Austritt des Darminhalts hört die Wucherung auf. Wohl aber bilden die meisten dieser Bazillen in den Exkrementen und in den oberflächlichen Bodenschichten widerstandsfähige Sporen, die lange lebensfähig bleiben.

Die Art des infizierenden Materials bringt es mit sich, daß fast immer Mischinfektionen entstehen werden. Auch sind stets aërobe Bakterien zugegen, die zunächst wuchern und die letzten Sauerstoffreste aufzehren können; ferner entstehen bei vielen Wunden nekrotische Gewebsfetzen, in denen Fäulnisbazillen (B. putrificus coli), Bazillen der Buttersäuregärung usw. wuchern können. Sind erst die Gasbrand- und Ödembazillen vorgedrungen, so entstehen unter deren Einfluß neue nekrotische Teile, die wiederum saprophytischen Bakterien anheimfallen. Je nach der Art und nach der Menge der beteiligten Bakterien wird der Verlauf der Infektion verschieden sein; und dementsprechend wird auch der bakteriologische Befund in verschiedenen Wunden, sowie bei der gleichen Wunde zu verschiedener Zeit, außerordentlich wechseln. Die 3 hauptsächlich, aber keineswegs ausschließlich beteiligten Erreger dieser Gruppe sind folgende:

Bacillus tetani, Tetanusbazillus.

Schlanke, gerade, gramnegative, in jungen Exemplaren grampositive Bazillen, beweglich durch zahlreiche peritriche Geißeln. Am einen Ende entsteht eine Spore, zunächst kuglig, später unter Dünnerwerden des Stäbchens etwas oval, den Durchmesser des Bazillus erheblich überragend. Nur unter anaëroben Bedingungen wachsend.

Kolonien zeigen ein dichtes Zentrum und feinen Strahlenkranz; in zuckerhaltigem Substrat erfolgt starke Gasbildung. Gleichzeitige Anwesenheit anderer, den Sauerstoff absorbierender Bakterien erleichtert das Wachstum. Die Sporen sind ziemlich resistent, halten Trockenheit sehr lange aus, 80° 1 Stunde, 100° in Wasser oder Dampf 5 Minuten. — Mit der Kultur gelingt es, die Krankheit bei Mäusen, Meerschweinchen, Kaninchen usw. durch subkutane Impfung hervorzurufen, am sichersten, wenn ein steriler Holzsplitter oder Wattebausch mit Kultur in eine tiefere Hauttasche eingeführt wird; dadurch sind die erforderlichen anaëroben Existenzbedingungen gewährt, die übrigens durch Wucherung der Eitererreger unterstützt werden. Die Versuchstiere erkranken nach 24 bis 36 Stunden an rasch vorschreitendem und tödlich endendem Tetanus. — Hühner und Kaltblüter sind immun. — Die Tetanusbazillen finden sich in den verendenden Tieren meist nur an der Impfstelle; sie können daher nur durch dort produzierte lösliche Toxine wirken.



Fig. 196. Tetanusbazillen, sporentragend, aus Agarkultur (nach Kitasato). 1000:1.

Die Toxine erhält man getrennt von den Bazillen in Bouillonkulturen, die durch Tonfilter geschickt sind. Nach der Wirkung läßt sich in der gewonnenen Substanz ein „Tetanospasmin“ unterscheiden, das durch den Achsenzylinder, auch wohl durch das Peri- und Endoneurium der peripheren Nerven zum Zentralnervensystem geleitet, hier verankert wird und nach einer gewissen „Inkubationszeit“ die Krämpfe auslöst. Daneben kommt ein hämolytisch wirkendes Tetanolysin vor, das praktisch kaum von Belang ist.

Epidemiologie. Der Tetanusbazillus ist der am längsten haltbare unter den Wundinfektionserregern; er findet sich noch in Erde, die schon seitlanger Zeit nicht frisch gedüngt war. Auch in beliebigem Wohnungs- und Kleiderstaub kann er enthalten sein. Einimpfung von gedüngter Erde und zahlreicher Staubsorten in eine Hauttasche ruft bei den Versuchstieren Tetanus hervor. Infolge der längeren Inkubationszeit kommt es bei Mischinfektionen nicht zu Tetanus, sondern Gas- und Ödembazillen okkupieren die Wunde.

Daß der Mensch nicht öfter von Tetanus befallen wird, ist erklärlich durch die anaëroben Lebensbedingungen des Tetanusbazillus; nur solche Wunden gestatten ihm Wucherung, die der Einwirkung des Sauerstoffs der Luft völlig entzogen sind. Gelegentlich scheinen auch Schleimhautwunden als Eingangspforte in Betracht zu kommen (idiopathischer Tetanus).

Prophylaktisch ist meistens eine Vernichtung der Erreger nicht diskutabel. Nur in gewissen Fällen kann der Erreger bekämpft werden, wie z. B. durch Verwendung sterilen Materials zu den Platzpatronen; oder ausnahmsweise im Stellungskrieg durch Desinfektion der obersten gedüngten Bodenschicht. Bei „anaëroben“ Wunden kann die

Herstellung aërober Lebensbedingungen durch Offenlegen der Wunde und kräftige Antisepsis versucht werden; meist kommen diese Eingriffe aber zu spät. Um so wichtiger ist die Beeinflussung der:

Individuellen Empfänglichkeit. Wie bei den Diphtheriebazillen, die durch lösliches Ektotoxin wirken, ist auch bei Tetanus eine passive Immunisierung bzw. Therapie durch Antitoxin besonders aussichtsvoll.

Pferde werden zunächst aktiv immunisiert, indem man anfangs stark abgeschwächtes Toxin oder Mischungen von Toxin und Antitoxin, später vorsichtig steigende Dosen von vollwirksamem Gift injiziert. Prüfung durch die Mischungsmethode; als Grundlage dient trockenes Testgift. 20 Antitoxin-Einheiten genügen beim Menschen zur Immunisierung, 100 Einheiten werden therapeutisch verwendet.

Die Indikation für Anwendung der Schutzimpfung ist gegeben, sobald frische, in der oben beschriebenen Weise disponierte Wunden vorliegen. Die Seruminjektion muß möglichst früh (im Felde schon durch die Sanitätskompagnien) geschehen und nach 8 Tagen wiederholt werden. Nach dem ersten Beginn der tetanischen Symptome kann intrazerebrale, intralumbale oder intraneurale Antitoxininjektion versucht werden; namentlich letztere scheint zuweilen noch Erfolg zu haben. Im ganzen besteht therapeutisch wenig Aussicht. Auch im Tierversuch zeigt sich, daß das Toxin nicht mehr neutralisiert werden kann, wenn einige Zeit seit seiner Einverleibung verflossen und feste Verankerung des Gifts an die Zellen des Zentralnervensystems eingetreten ist.

Bazillus des Gasbrands.

Von Welch entdeckt, von E. Fraenkel in seiner ätiologischen Bedeutung erkannt. Dicke, plumpe Bazillen mit abgerundeten Enden, unbegeißelt, manchmal Fadenbildung. Sporenentwicklung sehr selten. Grampositiv. Streng anaërob; in Kulturen starke Gasentwicklung ohne Fäulnisgestank. Auf Meerschweinchen u. a. übertragbar; zur Infektion genügt ein kleiner Einstich ohne stärkere Gewebsverletzung. Nach wenigen Stunden bereits Auftreten von verschieblicher Gasblase unter der Haut, zunderartiger Zerfall der Muskulatur, Tod. Der Gasbrandbazillus bildet wie der Tetanusbazilles ein tödliches, ziemlich hitzebeständiges Gift, das im Tierkörper die typischen allgemeinen und lokalen Erscheinungen des Gasbrands hervorruft (Klose). — Bei natürlich infizierten menschlichen Wunden Gasentwicklung und trockener, zunderartiger Zerfall des Gewebes. Oft sehr schneller Verlauf mit tödlichem Ausgang. Antitoxische und antiinfektiöse Sera (auch polyvalente) sind von Klose, von Wassermann, Ficker u. a. während des Krieges hergestellt und für prophylaktische und therapeutische Zwecke verwendet worden. Die Beurteilung ihres Wertes ist erschwert

durch Mischinfektionen, insbesondere mit Ödembazillen und fäulniserregenden Erdbakterien (Putrificus, butyricus u. a.) die in der Praxis fast stets vorliegen.

Bazillus des Gasödems (malignen Ödems).

Bazillen etwas schlanker als Milzbrandbazillen, Enden mehr abgerundet, Fäden biegsamer. Grampositiv (jedoch wechselnd nach dem Alter, beweglich, zahlreiche Geißeln. Sporenbildung in Clostridiumform. Wachstum nur anaërob, Gasentwicklung. Nach subkutaner Impfung (Taschen mit Fremdkörpern) Tod der Versuchstiere oft schon nach 16 Stunden; auf dem serösen Überzug der Milz usw. spärliche Bazillen und Fäden; reichlicher und auch in der Pulpa mehre Stunden post mortem; unter der Haut Ödem und blutigseröses Exsudat mit Gasentwickelung.

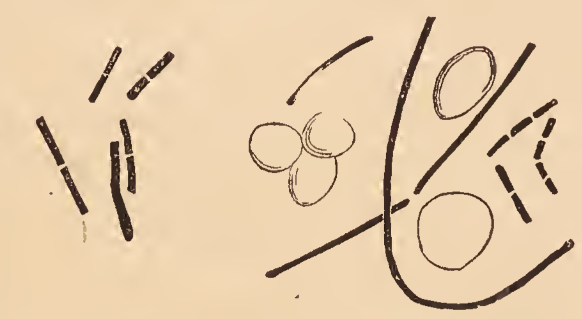


Fig. 197. Bazillen des malignen Ödems: links aus der Milz eines Meerschweinchens, rechts aus der Lunge einer Maus (nach Koch). 700:1.

In gedüngter Erde sehr verbreitet; mehrere Abarten.

23. Bazillus des Rauschbrands.

Bewegliche Bazillen mit peritrichen Geißeln, grampositiv. Sporenbildung in keuligen Clostridiumformen. Wachstum nur anaërob, übelriechende Gase. Kaninchen, Hunde, Ratten usw., auch Schweine, Pferde sind unempfänglich, ebenso der Mensch. Meerschweinchen sind beschränkt, Rinder, Schafe, Ziegen leicht empfänglich. Bei diesen Tieren kommt natürliche Verbreitung vor; die Krankheit verläuft unter hohem Fieber und unter Entwickelung eines allmählich unter der Bauch- und Rumpfhaut sich ausbreitenden Emphysems. Die Infektion erfolgt in diesen Fällen von Wunden der Extremitäten aus, in welche die in gedüngtem Boden weit verbreiteten Sporen eindringen. Auch nach dem Tode noch Vermehrung der Bazillen und Gasentwickelung (sog. Schaumorgane). — Aktive Schutzimpfung ist in exponierten Viehherden durch Injektion zweier abgeschwächter Vaccins durchgeführt mit überwiegend gutem Erfolg. Auch eine Kombination von aktiver Impfung mit Injektion von Serum spezifisch vorbehandelter Tiere ist empfohlen.

24. Bacillus botulinus (Bazillen der Wurstvergiftung).

Der Bacillus botulinus ist ein Saprophyt, der im lebenden Warmblüter sich nicht vermehren und keine Infektion veranlassen kann. Bei gelegentlicher Wucherung in Nahrungsmitteln, Würsten, Fleisch, Fischen (auch in pflanzlichen, konservierten Nahrungsmitteln) produziert er aber ein Gift, welches beim Menschen die S. 237 aufgeführten Erscheinungen des Botulismus (Wurstvergiftung) hervorruft. — Der Bazillus

ist beweglich, hat peritriche Geißeln, ist grampositiv, bildet endständige Sporen, die aber nicht sehr widerstandsfähig sind, und wächst unter anaëroben Bedingungen. Empfänglich für die Kulturen bzw. für das filtrierte Gift dieser sind Mäuse, Meerschweinchen, Kaninchen, nicht aber Hühner und Tauben. — Durch Vorbehandlung von Tieren mit steigenden Toxinmengen ist ein wirksames, antitoxinhaltiges Serum gewonnen.

25. Bacillus influenzae.

Von Pfeiffer bei der Grippeepidemie von 1899 regelmäßig, bei späteren Epidemien von den meisten Beobachtern nur zuweilen gefunden. In Präparaten aus dem Sekret des Nasenrachenraums, besser aus dem eitrigen Kern des zähen, hellgelblich grünlichen Bronchialsekrets sind nach Färbung mit dünner Karbolfuchsinlösung Massen von feinen Bazillen zu erkennen, die etwa die Dicke der Mäuseseptikämiebazillen haben, aber kürzer sind. Oft findet man in Teilung begriffene Bazillen, die mit Diplokokken verwechselt werden können. In allen Kulturen und bei beginnender Involution treten längere Scheinfäden auf. Die Bazillen haben keine Kapseln; keine Eigenbewegung; keine Sporen; sind nicht nach Gram färbbar.



Fig. 200. Bazillen der Influenza Reinkultur. 1000:1 (nach Pfeiffer).

Eine Züchtung gelingt nur auf einem Nährsubstrat, das Hämoglobin enthält. Nähragar wird mit Blut oder Hämoglobinlösung bestrichen; auf dieses Nährsubstrat wird Bronchialsputum gebracht, das vorher mit Bouillon zur Emulsion verrieben war. Oder flüssiges Blut wird mit Agar gemischt und aufgekocht (Levinthal). Die Influenzabazillen bilden feine Tröpfchen von glasartiger Transparenz. Sie wachsen nur zwischen 27 und 42° und sind streng aërob.

In der Kultur halten sie sich nur 14—18 Tage lebensfähig. Austrocknen in dünnen Schichten tötet sie rasch; im Auswurf halten sie sich länger lebendig, aber in völlig trockenem, verstäubbarem Sputum sind sie abgestorben. — Übertragung der Krankheit auf Tiere ist nicht gelungen. Affen, Kaninchen usw. zeigen nach Einbringung großer Bazillenmengen keine an Influenza erinnernden Krankheitserscheinungen und die Bazillen wuchern nicht auf den Schleimhäuten, sondern eine Schädigung der Tiere tritt nur ein durch die Endotoxine der Bazillen.

Der Beweis für die ätiologische Rolle der Influenzabazillen könnte daher lediglich erbracht werden durch Beobachtungen über ihr konstantes und ausschließliches Vorkommen bei Influenzakranken. Die Konstanz des Vorkommens kann für manche Epidemien als erwiesen gelten; bei andren werden sie vermißt. Die Ausschließlichkeit kann nicht als zweifelsfrei erwiesen anerkannt werden. Man findet nämlich Bazillen, die von den Influenzabazillen nicht zu unterscheiden sind, bei Bronchitis zu influenzafreier Zeit, bei Anginen, bei Keuchhusten neben den Erregern (s. unten). Es muß daher mit der Möglichkeit gerechnet

werden, daß es sich bei den Influenzabazillen um eine Art Epiphyten der Respirationsschleimhaut, ähnlich den Coli-Epiphyten des Darms. — In der letzten Epidemie wollen mehrere Beobachter andere Bakterien, Diplokokken, Streptokokken usw., v. Angerer sowie Prell sehr feine, in Traubenzuckerbouillon sich vermehrende rundliche Körperchen aus Blut und Sputum Influenzakranker gezüchtet haben; Kruse, Leschke u. a. wollen mit durch Berkefeld-Filter filtriertem Sputum Infektionen bei Menschen erzielt haben, und Kruse rechnet daher die Erreger zu den Aphanozoen (s. unten). Andere Beobachter hatten bei ähnlichen Versuchen negative Ergebnisse.

Epidemiologie. Die Influenza (Grippe) ist von Zeit zu Zeit als Pandemie aufgetreten; z. B. 1843, 1847—48, 1850—51, 1855, 1857 bis 1858, 1873—75, 1889—90, 1918—20. Dazwischen liegen beschränktere Epidemien in verschiedenen Ländern.

Als Infektionsquellen sind das Bronchialsekret und das Nasensekret, sowie die damit beschmutzten Gegenstände, Wäsche usw. anzusehen. Nur relativ frische Sekrete scheinen gefährlich zu sein, da durch Objekte, die bereits vor einiger Zeit infiziert waren, niemals Verbreitung beobachtet wird. In der Hauptsache vollziehen sich die Übertragungen nur direkt von Mensch zu Mensch.

Als Infektionswege fungieren vielleicht hier und da Berührungen z. B. der Taschentücher, der Hände des Kranken einerseits, der eigenen Schleimhäute der Nase oder des Mundes anderseits; in der Hauptsache aber die Einatmung frischer, vom Kranken versprühter Sputumtröpfchen. Das Kontagium scheint bei Gesunden sehr leicht zu haften.

Eine Verschleppung des Kontagiums auf weite Strecken durch die Luft im Freien wird nicht beobachtet. Die Ausbreitung der Krankheit erfolgt niemals schneller als der Verkehr und kann in gut übersehbaren Fällen stets mit aller Bestimmtheit auf Einschleppung durch Kranke zurückgeführt werden. Insbesondere ist an isoliert gelegenen oder gegen den Verkehr abgeschlossenen Orten der verschiedensten Länder (Gebirgsdörfer, Klöster, Gefängnisse) unzählige Male beobachtet, daß der Beginn der Erkrankungen erst von dem Zeitpunkt datiert, wo ein persönlicher Verkehr mit Influenzakranken stattgefunden hatte.

Die individuelle Empfänglichkeit erstreckt sich vom 2. Lebensjahre ab durch alle Alter und ist vielleicht in den mittleren Jahren am größten. — Über die nach Ablauf der Krankheit entstehende Immunität ist wenig Sicheres bekannt; eine gewisse Immunisierung für kurze Dauer scheint in den meisten Fällen einzutreten.

Eine örtliche Disposition oder Immunität wird nicht beobachtet. Kein Ort und kein Land hat sich den wiederholten Zügen der Influenza gegenüber dauernd immun gezeigt. Eine zeitliche Disposition ist ebenfalls

nicht ausgesprochen. Die Influenza ist zu allen Jahreszeiten unter den verschiedensten klimatischen und Witterungsverhältnissen beobachtet.

Prophylaktische Maßregeln. Sperren und Isolierungen sind von geringem Wert, außer vielleicht in Anstalten, die wirklich abgeschlossen gehalten werden können. Aus demselben Grunde, dann aber auch, weil das Kontagium ohne unser Zutun so rasch abstirbt, ist eine Desinfektion nicht erforderlich. — Die auf eine Schutzimpfung gerichteten Experimente sind bisher von geringem Erfolg geblieben. „Influenzaserum“ wird zwar an verschiedenen Stellen hergestellt und scheint manchmal therapeutisch günstige Wirkung zu haben, aber eine spezifische Leistung liegt anscheinend nicht vor.

26. Bazillus des Keuchhustens.

Neben influenza-ähnlichen Bazillen finden sich im Keuchhustensputum kleine ovoïde Stäbchen, oft in den Leukozyten liegend, mit Polfärbung, gramnegativ, unbeweglich, sporenfrei (Bordet-Gengou). Kultur gelingt auf Agar mit Menschenblut; bei fortgesetzter Kultur aber auch auf blutfreiem Agar; Kolonien dick, weißlich, auf Blutagar Hämolyse (Unterschiede gegenüber Influenzabazillen). Durch Reinkultur ist bei Affen und Hunden typischer Keuchhusten auszulösen. In den Kulturen findet sich ein stark Entzündung erregendes Endotoxin. Durch Immunisierung von Pferden und Kaninchen ist ein Serum zu gewinnen, das die Bordetschen Bazillen (allerdings nur wenn sie auf Blutagar gezüchtet sind) agglutiniert, nicht aber die Influenzabazillen. — Gegen Eintrocknen sind die Bazillen sehr wenig widerstandsfähig. Natürliche Übertragung daher wohl nur durch Hustentröpfchen und Kontakte. Serumtherapie noch nicht gelungen.

27. Bacillus pyocyaneus.

Feine bewegliche Stäbchen mit einer Endgeißel, gramnegativ, ohne Sporen. Leicht zu züchten. Grüner fluoreszierender Farbstoff durchsetzt das ganze Nährsubstrat; eigentlich zwei Farbstoffe, von denen der eine, spezifische, in Chloroform löslich ist. Aus älteren Bouillonkulturen läßt sich die Pyocyanase gewinnen, die äußerlich auf der Rachenschleimhaut zur Auflösung von Bakterien (Meningokokken, Diphtheriebazillen) oder innerlich zu Immunisierungs- oder Heilzwecken sich eignen soll (Emmerich und Löw). — Bei Meerschweinchen, Kaninchen usw. läßt sich durch etwas größere Dosen Sepsis bzw. Toxämie hervorrufen. — Natürliche Verbreitung in Pferde- und Schweinekot, Dünger, Wasser, im Schweiß usw. Beim Menschen wurde der Bazillus früher häufig im Eiter gefunden, jetzt selten, unter begünstigenden Umständen kann er pyogen, toxisch und septisch wirken und ist gelegentlich bei Pyelitis, Otitis und bei Allgemeininfektionen namentlich bei kleinen Kindern als Erreger ermittelt.

28. Bazillus des Schweinerotlaufs.

Nur 0,6—1,0 μ lang und 0,2 μ dick. Findet sich regelmäßig im Blut und in den Organen an Rotlauf gefallener Schweine (Sepsis mit fleckigem Exanthem,

Hyperämie und Geschwüren namentlich im Darm; es werden besonders edlere Rassen ergriffen). Oft in großer Zahl in den Leukozyten gelagert; dieser zerfallen sichtlich unter dem Einfluß der Bazillen. Grampositiv. Leicht zu züchten, schleierartige Kolonien. Übertragbar auf Mäuse, Kaninchen und Tauben; die anderen

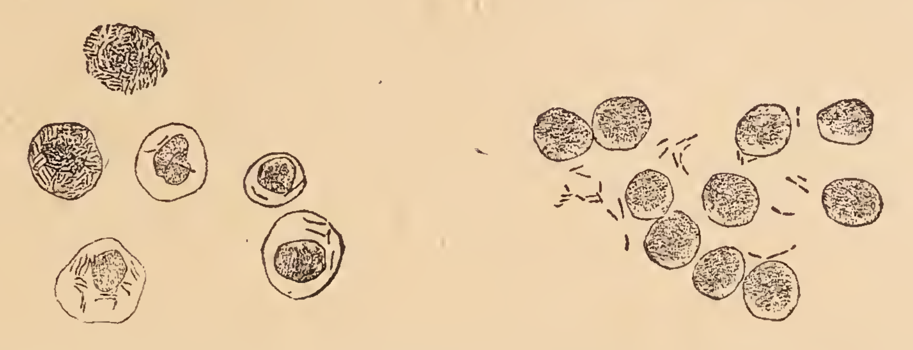


Fig. 199. Bazillen der Mäuseseptikämie (nach Koch) 750:1. Links weiße Blutkörperchen mit Bazillen; rechts rote Blutkörperchen mit zwischengelagerten Bazillen.

Versuchstiere meist refraktär. Die Virulenz gegen Schweine wird im Kaninchen abgeschwächt, angeblich in der Taube erhöht; hierauf beruht die Pasteursche Schutzimpfung. Nach Lorenz besser kombinierte Immunisierung mit Serum von vorbehandelten Pferden und lebender Kultur. — Sehr ähnlich der Erreger der Mäuseseptikämie, saprophytisch verbreitet.

29. Cholerabazillus, Vibrio Cholerae asiaticae.

Von Koch 1883 entdeckt. In akuten Fällen asiatischer Cholera können die Vibrionen regelmäßig aus den Entleerungen des Kranken oder aus dem Darminhalt der Leiche gezüchtet werden; weniger leicht, aber dennoch sicher gelingt der Nachweis in den späteren Entleerungen eines langsam verlaufenden Falles; nicht mehr auffindbar sind sie oft in dem auf den eigentlichen Choleraanfall folgenden Typhoïd. Ihre eigentliche Wohnstätte ist der Dünndarm, sie dringen in die obersten Schichten der Darmschleimhaut ein. Auch in der Gallenblase werden sie regelmäßig gefunden. In der Agone dringen sie auch ins Blut und in die inneren Organe. — Der Nachweis gelingt namentlich in den Schleimflöckchen des Darminhalts durch mikroskopische Untersuchung und durch Kultur.

Die Choleravibrionen sind seither ausnahmslos in jedem typischen Cholerafall jeder aufgetretenen Epidemie nachgewiesen; auch bei zahlreichen leichten diarrhöischen Erkrankungen, die während einer Choleraepidemie vorkommen. — Dagegen hat man niemals beim normalen Menschen oder während irgendeiner anderen Krankheit, oder irgendwo in unserer Umgebung zu cholerafreier Zeit die gleichen Vibrionen auffinden können; diese Konstanz und Ausschließlichkeit des Vorkommens läßt keine andere Erklärung zu, als die, daß die Spirillen die Erreger der Krankheit darstellen.

Die Choleravibrionen erscheinen meist in der Form kurzer, schwach gekrümmter Stäbchen, die genau genommen Bruchstücke einer Schraube sind.

An den jüngsten Individuen ist die Krümmung kaum sichtbar, später tritt sie stärker hervor. In älteren Bouillonkulturen, mit Choleradejekten beschmutzter Wäsche u. dgl. werden lange Schrauben von 10—20 Windungen und mehr gebildet. In alten Kulturen treten sie mehr als gerade große Stäbchen auf. Die Vibrionen führen lebhafte Bewegungen aus, und zwar mit Hilfe einer am einen Ende haftenden Geißel. — Die Färbung der Vibrionen gelingt besonders gut mit verdünnter Karbolfuchsinlösung. Sie sind gramnegativ. — In späteren Stadien kommt es leicht zur Bildung von Involutionsformen; teils quellen die Stäbchen, teils zerfallen sie unter Bildung von Kügelchen.

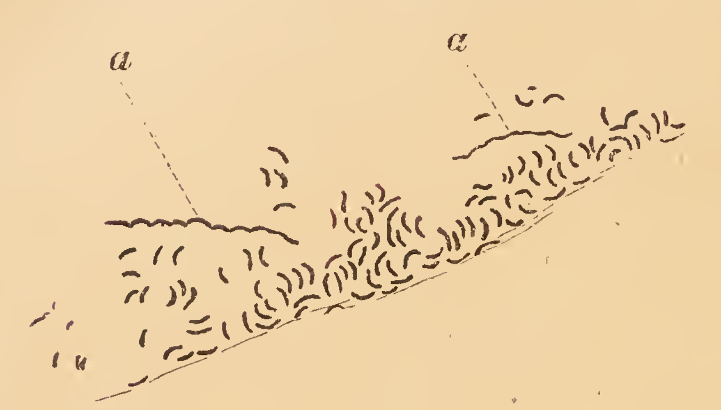
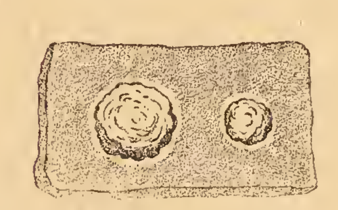


Fig. 200. Choleraspirillen in Fleischbrühe, meist Kommaformen, bei *a* lange Spirillen (nach Koch). 600:1.

Auf Gelatineplatten bilden sie nach 24 Stunden kleinste Kolonien, welche bei 60facher Vergrößerung als helle Scheiben mit glänzendhöckeriger Oberfläche erscheinen. Am zweiten Tage beginnt Verflüssigung der Gelatine, die langsam fortschreitet. Nicht selten kommen auch a t y p i s c h e Kolonien dunklerer Farbe und ohne Verflüssigung der Gelatine vor. Auf Agaraufstrichplatten bilden die Choleravibrionen flache, opaleszierende, fast durchsichtige Kolonien. — Starke Änderungen im Aussehen der Kolonien und auch im mikroskopischen Verhalten der Vibrionen kommen zutage, wenn man von lange aufbewahrten Kulturen züchtet. (B a e r t h l e i n).


Fig. 201. Cholerakolonien auf Gelatine 60:1.

Auch auf anderen Nährsubstraten wachsen die Choleraspirillen leicht, auf Kartoffeln bei höherer Tempertur von 30—35 ° in Form einer graubraunen Auflagerung. In Milch vermehren sie sich lebhaft ohne sichtbare Veränderung, namentlich ohne Koagulation der Milch. — Über Vorkultur und Verwendung von Blutagar nach D i e u d o n n é s. im Anhang.

Setzt man zu einer 12 Stunden alten Kultur in peptonhaltiger Bouillon einige Tropfen Schwefelsäure, so entsteht innerhalb der nächsten 30 Minuten eine schöne, rosa violette Färbung (C h o l e r a r o t). Die Reaktion kommt dadurch zustande, daß die Choleraspirillen Indol u n d salpetrige Säure als Stoffwechselprodukte liefern, während andere Bakterien gewöhnlich nur entweder Indol oder salpetrige Säure bilden; sie ist jedoch n i c h t völlig charakteristisch für die Cholerakulturen.

Die Choleraspirillen halten sich bzw. wachsen noch in Wasser mit geringen Mengen organischer Stoffe. — 0,1 % freier Säure und 0,2 % Ätzkali genügen zu ihrer Abtötung. Die untere T e m p e r a t u r grenze, von welcher ab sie gedeihen, liegt bei 16 °, reichliche Vermehrung erfolgt erst zwischen 22 und 25 °; das Temperaturoptimum liegt bei 35 °. Hitze von 60 ° tötet sie bei 10 Minuten langer Einwirkung, ebenso kurz

dauerndes Aufkochen einer Flüssigkeit. Durch 2 % Karbolsäure oder 1 : 1000 Sublimatlösung werden sie binnen wenigen Minuten getötet.

Sehr empfindlich sind die Choleraspirillen gegen Austrocknen; in dünner Schicht völlig getrocknet, sind sie bereits nach 2—24 Stunden nicht mehr lebensfähig. Durch trockene Gegenstände oder auch durch Luftströmungen können daher die Choleraspirillen nicht verbreitet werden. An der menschlichen Hand sind die Cholerabazillen binnen 2 Stunden, auf Papier binnen 24 Stunden, auf trockenen Waren und Nahrungsmitteln binnen 8 Tagen abgestorben. In feuchter Wäsche können sie über 14 Tage lebendig bleiben.

Bei Tieren läßt sich eine der menschlichen Cholera ähnliche Erkrankung nur an ganz jungen Kaninchen, Katzen und Hunden durch Verfütterung reproduzieren. Eine Art Infektion gelingt bei Meerschweinchen dadurch, daß man ihnen zunächst Opiumtinktur in die Bauchhöhle, dann Sodalösung (zur Neutralisierung des Magensaftes) und darauf Cholerakultur in den Magen injiziert. — Ferner tritt bei Injektion von Kultur in die Bauchhöhle von Meerschweinchen die Wirkung der Endotoxine der Vibrionen hervor in Form der sog. Meerschweinchencholera, gekennzechnet durch rapiden Temperaturabfall, allgemeine Muskelschwäche, partielle Muskelkrämpfe, Lähmung der Zentren der Zirkulation und der Temperaturregulierung, so daß in wenigen Stunden Kollaps und Tod eintritt. Von einer vollvirulenten Kultur auf Agar bei 37°, die nicht älter als 18 Stunden ist, genügt $^1/_{12}$ Platinöse (1 Öse = 2 mg Kulturmasse, enthaltend 200 Millionen lebende Individuen) zur tödlichen Wirkung. Bei älteren Laboratoriumsstämmen ist die Tiervirulenz geringer. — Erhält das Tier gleichzeitig mit der tödlichen Dosis Kultur eine entsprechende Dosis Immunserum von mit Cholera vorbehandelten Kaninchen, so werden die Choleravibrionen aufgelöst und eine Vergiftung tritt nicht ein. Dieser Vorgang ist streng spezifisch, d. h. der Schutz erfolgt nur, wenn sicheres Cholera serum mit sicheren Cholera bazillen zusammentrifft (Pfeifferscher Versuch); neben der Agglutination haben wir darin das beste Mittel zur Verifizierung einer fraglichen Kultur (s. im Anhang).

Übertragungen von Cholerakultur auf Menschen haben teils aus Unachtsamkeit, teils absichtlich mehrfach stattgefunden (Selbstinfektionsversuche von v. Pettenkofer und Emmerich, Metschnikoff, Stricker u. a.). Der Erfolg war das Auftreten leichter, schwerer und zum Teil sehr schwerer Choleraerkrankungen. Ein Fall von zufällig im Laboratorium zu cholerafreier Zeit akquirierter Cholera verlief tödlich.

Dem Choleravibrio ähnliche Spirillenarten sind mehrfach beobachtet, z. B. von Finkler und Prior bei Cholera nostras. Diese Art ist indes bei Cholera nostras nicht wiedergefunden und also für die Ätiologie der Cholera nostras sowohl, wie für die der Cholera asiatica bedeutungslos. — Ferner Spirillum tyrogenum, in Käse gefunden, den Choleraspirillen ähnlich, aber durch das Wachstum auf Kartoffeln, in Milch, durch das Tierexperiment usw. leicht zu unterscheiden. — Vibrio Metschnikoff, den Finklerschen

Spirillen, zuweilen aber den Choleravibrionen ähnlich; von letzteren unterschieden durch die Virulenz des Vibrio M. gegen Tauben, die nach Impfung mit Vibrio M. an schwerer Septikämie erkranken. — Die wesentlichste Fundstätte der verschiedensten Spirillenarten ist die Düngerjauche (und der Schweinekot). In Bächen und Flüssen findet man namentlich im Spätsommer und Herbst eine reichliche Ausbeute an choleraähnlichen Vibrionen. Mehr als 30 Arten und Varietäten sind beschrieben, von denen manche durch die Phosphoreszenz der Kulturen, alle aber serodiagnostisch von Choleravibrionen zu unterscheiden sind.

Epidemiologie. Die Cholera herrscht seit langer Zeit als endemische Krankheit im Gangesdelta und in Bengalen. Von dort aus hat sie sich seit dem Jahre 1817 zunächst auf das übrige Indien ausgedehnt und vom Jahre 1819 ab die Grenzen Indiens überschritten.

Seither ist kaum ein Land von der Cholera verschont geblieben. Nur solche Gegenden, mit welchen Indien ausschließlich durch langdauernde Seereisen in Verkehr steht, wie Australien und das Kapland; ferner viele verkehrsarme Gegenden der arktischen Zone und des Hochgebirges sind bis jetzt von Cholera frei geblieben (s. S. 61, 65). — Europa wurde in 7 Invasionen heimgesucht, 1823, 1829, 1847—1858, 1865—1875; dann zum 5. Male 1882 und nach einer fünfjährigen Ruhepause im Frühjahr 1892. Bei dieser 6. Invasion rief sie die große Epidemie in Hamburg hervor. Die 7. Invasion betraf 1902 Ägypten, dann Kleinasien, von 1904 ab Rußland, Österreich, Italien, Balkan und gelegentlich das deutsche Weichselgebiet; sie hielt noch während der ersten Kriegsjahre auf dem östlichen Kriegsschauplatz an.

Über die Ursachen und die Verbreitungsweise der Seuche bestanden die widersprechendsten Ansichten, bis es Koch gelang, die Erreger aufzufinden, ihre Lebenseigenschaften kennenzulernen und die Verbreitungsart der Krankheit in allen wesentlichen Punkten aufzuklären.

Die Infektionsquellen und Transportwege lassen sich leicht entnehmen aus den oben geschilderten Lebenseigenschaften des Kommabazillus.

Die konzentriertesten und gefährlichsten Infektionsquellen sind selbstverständlich die Dejekte des Cholerakranken und die mit diesen infizierte Wäsche; gelegentlich verschiedenste Gegenstände. Bei unsauberen Höfen und Straßen finden sich auch Reste von Dejektionen auf der Oberfläche des Erdbodens und in oberflächlichen Wasseransammlungen; gefährlich sind ferner Bäche und Flüsse, in welche Abwässer und Exkremente gelangen. — Nicht nur Schwerkranke, sondern auch Kranke im ersten Anfangsstadium, Leichtkranke, Rekonvaleszenten, ja sogar völlig Gesunde, welche mit ihren geformten Fäzes Cholerabazillen entleeren (Bazillenträger), können zu Infektionen Anlaß geben.

Von den Dejekten des Kranken und den mit diesen beschmutzten Objekten aus kann der Transport der Bazillen zum Gesunden

dadurch erfolgen, daß Menschen die Injektionsquellen einerseits, ihren Mund oder unmittelbar nachher genossene Nahrungsmittel anderseits berühren und so Kommabazillen in den Darm bringen. — Außerdem kann eine Verschleppung des Infektionsstoffs durch Fliegen erfolgen.

Nahrungsmittel können bei feuchter Aufbewahrung die Kommabazillen noch bis zu 8 Tagen konservieren. Durch kurzes Kochen oder Braten verlieren sie die Infektionsgefahr. Zu hüten hat man sich in Cholerazeiten daher nur vor Salat, Radieschen (vgl. Typhus); ferner vor roher Milch und Butter. Brot lasse man nach dem Einkauf mindestens einen Tag lagern oder erhitze es kurze Zeit im Bratofen. — Besondere Gefahr bietet das Wasser. Gefährlich sind namentlich Oberflächenwässer; ferner Flüsse, auf denen Schiffer und Flößer leben. Letztere pflegen ihre Dejektionen direkt in den Fluß zu schütten; sie sind aber anderseits nachweislich auffällig oft an Cholera erkrankt, weil sie das Flußwasser ohne jede Reinigung benutzen. Die Schiffer können außerdem durch das Bilgewasser (Kielwasser) die Kommabazillen verschleppen, das sie an infizierten Stellen des Flusses in das Schiff nehmen und an anderer Stelle wieder in den Fluß lassen.

Grundwasserbrunnen sind der Infektion mit Cholerakeimen nur ausgesetzt, wenn oberflächliche Rinnsale in den Brunnen führen (vgl. Kap. IV).

Von Einfluß auf die Ausbreitung der Cholera ist die individuelle Disposition. Sehr häufig sind bei ganz leichten Cholerafällen Kommabazillen konstatiert; ja sogar bei solchen Personen, welche mit Cholerakranken in Berührung gewesen waren, aber dauernd von allen Krankheitserscheinungen frei blieben. Infolge eines Exzesses oder einer Verdauungsstörung können sich aber aus den leichtesten Erkrankungen plötzlich schwere Choleraanfälle entwickeln.

Ferner verleiht nach allen Erfahrungen das einmalige Überstehen der Cholera in den meisten Fällen eine erworbene Immunität; freilich tritt diese nicht bei allen Befallenen gleich deutlich hervor und ist von sehr verschiedener Dauer.

In der Praxis treten zwei verschiedene Verbreitungsweisen der Cholera hervor: die Kontaktepidemie und die explosive Epidemie (ähnlich wie beim Typhus):

Bei ersterer wird die Cholera vom Kranken auf die in seiner Nähe befindlichen Gesunden durch Berührungen übertragen; neue Erkrankungen treten entsprechend der Inkubationszeit nach 2—6 Tagen auf. In dieser Weise erfolgt gewöhnlich die erste Ausbreitung der Krankheit. Bei ungeschultem Pflegepersonal, bei armer unreinlicher Bevölkerung und in überfüllten Wohnungen, bei sorgloser Behandlung der Cholerawäsche usw. häufen sich die Übertragungen durch Berührungen,

Fliegen und Nahrungsmittel stark; bei geschultem Pflegepersonal und in einer Umgebung von reinlich erzogenen Menschen kann dagegen die Kette der Erkrankungen leicht wieder abreißen.

Zuweilen kommt es zu explosionsartig ausbrechenden Massenepidemien. Diese konnten bisher stets auf eine Infektion der gemeinsamen Wasserversorgung zurückgeführt werden. Ein klassisches Beispiel lieferte 1892 Hamburg. Hier kamen in wenigen Wochen 17 000 Erkrankungen an Cholera vor. Diese entfielen fast sämtlich auf das Stadtgebiet von Hamburg, während das benachbarte und mit seinem Straßennetz vollständig in Hamburg hineingebaute Altona nahezu gar nicht ergriffen wurde, weil Altona ein gut geleitetes Filterwerk besaß, Hamburg dagegen den Häusern seiner Gemeinde unfiltriertes Elbwasser zuführte. Städte, die ein der Infektion nicht zugängliches Wasser benutzen, sind von explosionsartigen Choleraepidemien stets verschont geblieben, und früher ergriffene Städte sind nicht wieder ergriffen, nachdem sie eine tadellose Wasserversorgung eingeführt hatten (Waisenhaus in Halle a. d. S., Kalkutta, Hamburg in späteren Jahren).

Von verschiedenen Epidemiologen (v. Pettenkofer) ist darauf hingewiesen worden, daß sich manche Eigentümlichkeiten in der örtlichen und jahreszeitlichen Verteilung der Choleraepidemien nicht mit Hilfe der Lebenseigenschaften des Kommabazillus genügend erklären lassen, sondern daß dies nur gelinge unter der Annahme eines vom Boden ausgehenden örtlich und zeitlich wechselnden Einflusses.

Indes erklären sich alle diese örtlichen und zeitlichen Differenzen sehr wohl aus selbstverständlichen Verschiedenheiten in bezug auf die Behandlung der Infektionsquellen, die Gangbarkeit der Transportwege und die persönliche Empfänglichkeit, und es bleibt, wenn man diese Differenzen gebührend berücksichtigt, kein Raum für irgendein anderes, neben dem Kommabazillus die örtliche und zeitliche Ausbreitung der Cholera in maßgebender Weise beeinflussendes Moment. Tritt hier und da das Bedürfnis hervor, mitwirkende Ursachen für eine auffällige örtliche oder zeitliche Verteilung der Cholerafrequenz heranzuziehen, so liegt es am nächsten, auf die noch wenig erforschte individuelle Empfänglichkeit und auf die Möglichkeit einer Mitwirkung anderer Darmbakterien zurückzugreifen.

Nach Emmerich sollen die Dejektbakterien in den oberen Bodenschichten eine Art Reifung erfahren, durch die sie befähigt werden, Nitrate stärker zu Nitriten zu reduzieren, und dies sei deshalb von Bedeutung, weil der Krankheitsprozeß bei Cholera wesentlich auf Nitritbildung durch die Vibrionen beruhe. Auch diese Annahme ist nicht richtig, weil die Bildung von Nitriten im Darmkanal keineswegs für Cholera charakteristisch ist und weil auch bei völlig nitratfreier Nahrung (Milch) Cholera vorkommt.

Prophylaktische Maßregeln. Wichtig ist die Vorbereitung jeder Stadt und Provinz durch Bekämpfung der lokalen Disposition im kontagionistischen Sinne, d. h. durch Einrichtung von

Flußüberwachungsstellen, Isolierspitälern, Desinfektionskolonnen, Kanalisation, Wasserversorgung usw.

Die Hinderung der Einschleppung auf dem Seewege ist durch die von der Pariser Konferenz 1903 gefaßten Beschlüsse geregelt (s. S. 571). An besonders gefährdeten Stellen der Landesgrenzen empfiehlt sich eine Revision der im täglichen Verkehr die Grenze passierenden Arbeiter, Händler usw. und Isolierung der Erkrankten. Revision der Eisenbahnreisenden und Desinfektion ihres Gepäcks lohnt sich kaum. — Strengere Maßregeln sind gegenüber dem Verkehr auf schiffbaren Flüssen angezeigt. Auf besonderen Kontrollstationen sind die Schiffe anzuhalten, das Personal ärztlich zu untersuchen; wenn Choleraverdächtige gefunden werden, sind diese nebst den übrigen Insassen des Schiffs in eine Isolierbaracke zu schaffen, das Schiff ist zu desinfizieren und hat 6tägige Quarantäne durchzumachen.

Kommen im eigenen Lande Fälle von Choleraverdacht vor, so ist vor allem die Diagnose durch bakteriologische Untersuchung zu sichern. Bei gehäuften Fällen empfiehlt sich die Entsendung sog. fliegender Laboratorien in das Seuchengebiet.

An die sichere Erkennung der Krankheit schließt sich die Isolierung des Erkrankten und die Durchführung der sonstigen Absperrungs- und Aufsichtsmaßregeln gegen Krankheits- und Ansteckungsverdächtige nach den Bestimmungen des Reichsseuchengesetzes.

Ferner ist für Beschaffung unverdächtigen Wassers zu sorgen; namentlich bei Flußwasserversorgungen, die ihr Wasser schiffbaren Flüssen entnehmen, muß der Filterbetrieb sorgfältig von einem Fachhygieniker kontrolliert werden. Steht kein anderes als verdächtiges Wasser zur Verfügung, so ist zentrale Desinfektion vorzusehen oder vom Konsumenten alles zur Verwendung gelangende Wasser 5 Minuten zu kochen. — Verdächtige Nahrungsmittel sind vor dem Genuß zu kochen bzw. trockener Hitze auszusetzen (s. oben).

Die persönliche Empfänglichkeit ist durch vorsichtige Lebensweise und sorgfältige Beachtung jeder gastrischen Störung herabzusetzen.

Spezifische Immunisierung und Serumtherapie. Aktive Immunisierung ist von Haffkine in Indien in großem Maßstabe ausgeführt, nachdem früher schon Ferran solche Impfungen nach einem ähnlichen, aber weniger sicheren Verfahren vorgenommen hatte. Pfeiffer und Kolle haben durch exakte Versuche an Menschen und Tieren dieser Schutzimpfung die nötige wissenschaftliche Unterlage gegeben.

Am besten erfolgt die Impfung zunächst mit 1 Öse Agarkultur (Auswahl eines geeigneten Stammes wünschenswert) in ½ ccm Auf-

schwemmung, die durch Erwärmen auf 54° während einer Stunde abgetötet ist; nach 6 Tagen folgt eine zweite Injektion mit der doppelten Dosis. Ausführung wie bei Typhus. Nach der Injektion stellt sich lokal eine mäßige Infiltration mit Schmerzhaftigkeit bei Druck und bei Bewegungen her, daneben kann sich Temperatursteigerung bis 39°, Frost, Mattigkeit und Appetitmangel zeigen; nach 2—3 Tagen ist die Reaktion abgelaufen. Dauer des Schutzes ½ Jahr.

Zahlreiche Beobachtungen während des Herrschens von Choleraepidemien und namentlich während der besonders schwierigen Verhältnisse an der russischen und kleinasiatischen Front im letzten Kriege lassen keinen Zweifel daran aufkommen, daß die natürliche Infektion durch diese Art der Immunisierung in erheblichem Grade bekämpft und die Letalität verringert werden kann. Absoluter Schutz wird nicht erreicht; auch Todesfälle von Geimpften kommen vor. In Kulturländern und in Friedenszeit sind die allgemeinen Schutz- und Aufsichtsmaßregeln ausreichend, und nur für solche Personen, die der Ansteckung in besonderem Grade ausgesetzt sind, Krankenpfleger, Ärzte, ferner für Truppenteile, welche in verseuchte Gebiete entsendet werden, kann die Schutzimpfung in Frage kommen.

Passive Immunisierung oder therapeutische Anwendung von Serum vorbehandelter Tiere sind bisher nicht von Erfolg gewesen.

E. Protozoenkrankheiten.

Die Einteilung der Protozoen erfolgt nach morphologischen Gesichtspunkten. Nach Doflein werden 2 Unterstämme unterschieden: I. Plasmodroma mit Pseudopodien oder Geißeln, mit einem oder mehreren bläschenförmigen Kernen und einem Entwicklungskreis, in dem geschlechtliche und ungeschlechtliche Generationen abwechseln. Dieser Stamm umfaßt drei Klassen: Rhizopoden, mit Pseudopodienbewegung; Mastigophora, mit Geißelbewegung; Sporozoa, mit verschiedenartiger Bewegung und Vermehrung durch Sporen. II. Ciliophora, mit zahlreichen Zilien, dichten Haupt- und bläschenförmigen Nebenkernen; Befruchtung durch anisogame Kopulation oder Konjugation, aber ohne besondere Fortpflanzungsform, Vermehrung nur durch Teilung oder Knospung. Dieser Stamm umfaßt die Ciliata, bei denen stets Zilien vorhanden sind und bei denen die Nahrungsaufnahme durch Osmose oder Mundöffnung erfolgt; und die Suctoria, die nur im Jugendzustand Zilien und für die Nahrung röhrenartige Organellen besitzen. — Nur die wichtigeren infektiösen Protozoen können im folgenden kurz besprochen werden. Sie gehören teils den Rhizopoden an: Dysenterieamöben; teils den Mastigophoren: Spirochäten und Trypanosomen; teils den Sporozoen. Bei letzteren unterscheidet man mehrere Unterordnungen, von denen die in fixen Gewebszellen schmarotzenden Coccidien beim Menschen nicht vertreten sind,

während die Hämosporidien, die Parasiten der roten Blutkörperchen, bei Kaltblütern ebenso wie bei Vögeln und Menschen eine wichtige Rolle spielen. — Die Spirochäten rechnet man jetzt zu den Protozoen, weil einige Arten (Sp. Balbiani) deutlich mit undulierender Membran versehen sind; ferner wollen verschiedene Autoren Längsteilung gesehen haben. Auch die Schwierigkeit der Züchtung, die Übertragung der pathogenen Arten durch Zecken und Insekten, die Heilbarkeit der betreffenden Krankheiten durch Arsenpräparate usw. stellen sie den Trypanosomen nahe. Andererseits sind bei einigen Arten deutliche Querteilung und perithriche Geißeln beobachtet. — Unter den Spirochäten unterscheidet man saprophytische Arten (Sp. plicatilis im Sumpfwasser), epiphytische (Sp. buccalis und denticola in der menschlichen Mundhöhle) und parasitische (s. unten).

1. Amöbendysenterie.

Bei der tropischen und subtropischen (ägyptischen) Ruhr finden sich in den Dejekten und in Schnitten durch die Darmschleimhaut, ferner im Eiter der die Krankheit nicht selten begleitenden Leberabszesse, Amöben, und zwar stets die Entamoeba tetragena (sive histolytica) Viereck.



Fig 202. Entamoeba tetragena. 500:1. *1* vegetative Form, *2* nach der Kernteilung, *3* junge Zyste mit einem Kern und 3 Chromidialkörpern, *4* ältere Zyste mit 4 Kernen und einem Chromidialkörper, *5* vollentwickelte ruhende Zyste.

Die vegetative Form zeigt Amöben mit scharf abgesondertem Ektoplasma, deutlichem kugligem Kern; Zweiteilung. Namentlich bei chronischer Ruhr kommen daneben Minuta-Formen vor, die viel kleiner sind und bei denen das Ektoplasma nicht deutlich hervortritt. Ferner Degenerationsformen mit Kernblähung, reichlichen Chromidien, Knospen an der Oberfläche. Die Zysten, mit einfacher Membran und 4 Kernen, bilden sich aus den Minutaformen.

Die natürliche Übertragung erfolgt hauptsächlich durch die Zysten, die nicht in trockenen Dejekten, aber im Wasser lange haltbar sind. Künstliche Übertragung gelang auf Hunde, Affen und besonders auf junge Katzen mit nachfolgendem heftigen ulzerösem Dickdarmkatarrh (Kruse); ferner auf Menschen (Versuche von Walker an Sträflingen in Manila). Inkubation 1—6 Tage. Diagnose schwierig, namentlich Unterscheidung von Entam. coli. Bewährte Therapie: Emetin (Ipecacuanha-Präparat). — Nicht pathogen ist die Entamoeba coli Loesch, die als harmloser Saprophyt im Dickdarm zahlreicher Menschen auch unserer Klimate lebt; sie weist in der Ruhe keine Differenzierung von Ekto- und Entoplasma auf, enthält sehr zahlreiche Bakterien, besitzt eine deutliche Kern-

membran, vermehrt sich im Darm durch Schizogonie (8 Schizonten) und amitotische Teilung und bildet große, 8kernige Zysten mit derber Hülle.

In Deutschland scheint, abgesehen von Fällen, die aus den Tropen stammen, nur bazilläre Ruhr vorzukommen. Prophylaktisch ist gegen die Amöbenruhr ebenso vorzugehen wie gegen bazilläre Ruhr, jedoch spielen bei ersterer Wasser und Nahrungsmittel eine größere Rolle.

2. Spirochaete (Spirosoma) des Febris recurrens (Sp. Obermeieri).

Das Rückfallfieber, Febris recurrens, trat früher in Deutschland epidemisch auf; beispielsweise in Breslau im Jahre 1868, 1873, 1879 in Epidemien von 400—600 Fällen. Jetzt ist es in Deutschland verschwunden, grassiert aber noch im östlichen Europa. — Als Krankheitssymptome beobachtet man nach einer Inkubation von 5—8 Tagen Fieber bis 41 °, Milzschwellung, Erbrechen. Nach 6 Tagen tritt ein kritischer Temperaturabfall ein und es beginnt eine 5—10tägige fieberfreie Periode; dann folgt neuer Fieberanfall; oft wiederholt sich dies Spiel noch zum dritten Male.



Fig 203. Recurrensspirochäten im Blut. 500:1.

Während der Fieberperiode beobachtet man im Blut zahlreiche Spirochäten, ohne Färbung durch ihre Bewegungen ins Auge fallend; in gefärbten Präparaten 10—30 μ lange geschlängelte Fäden von etwa 1 μ Dicke. Färbung mit Karbolfuchsin, Gentianaviolett oder nach Giemsa; gramnegativ. In Blut oder Serum auch außerhalb des Körpers bei 20 ° mehrere Tage haltbar; Kultur ist durch Übertragung von Herzblut einer infizierten Ratte in Serum oder Aszitesflüssigkeit anaërob gelungen. Übertragung der Rekurrenserkrankung, oft mit tödlichem Ausgang, auf Affen mit dem spirillenhaltigen Blut. Auch in Meerschweinchen, Ratten und Mäusen erfolgt nach subkutaner Verimpfung Vermehrung der Spirochäten im Blut, jedoch ohne erhebliche Krankheitserscheinungen.

Übertragung auf den Menschen wahrscheinlich durch Ungeziefer, Kleiderläuse, vielleicht auch Kopfläuse; Infektion namentlich durch deren zerquetschte Leiber. Herbergen niederster Art, Asyle für Obdachlose u. dgl. bilden gewöhnlich die Zentren für die Weiterverbreitung.

Mehrere Abarten des europäischen Febris recurrens sind bekannt geworden, 1. die afrikanische und 2. die (seltene) amerikanische Form, die beide kleine Abweichungen im Verlauf der Krankheit (kürzere Anfälle) und ebenso im morphologischen Verhalten der die Krankheit veranlassenden Spirochäten aufzuweisen scheinen (vielleicht auch eine nordafrikanische und asiatische Form).

Von Koch ist die afrikanische Form (Tick-Fever) genauer studiert. Hier erfolgt die Übertragung der Spirochäten auf Menschen durch Vermittelung

einer Zecke (Tick), Ornithodorus moubata. Diese lebt im Boden der Eingeborenenhütten, saugt nachts das Blut der Bewohner und verkriecht sich dann in der Erde. Die aufgenommenen Spirochäten verschwinden bald aus dem Blut der Zecke, finden sich aber gehäuft an der Oberfläche des Ovariums und demnächst in einem Teil der Eier, innerhalb welcher noch Vermehrung erfolgt. Mit den aus infizierten Eiern hervorgegangenen jungen Zecken konnten Affen infiziert werden. Die Eingeborenen erkranken nicht an Rekurrens, weil sie durch Überstehen der Krankheit in der Jugend immunisiert sind; der Europäer aber ist empfänglich und wird auf den Karawanenstraßen beim Übernachten in den Hütten oder auf den üblichen Lagerstellen leicht infiziert.

Rekurrens-ähnliche Spirochätenkrankheiten kommen ferner vor bei Gänsen, Hühnern, Feldmäusen, Rindern; die Gänseerkrankung in Rußland, die Hühnerspirochäte in Brasilien. Bei letzterer erfolgt die natürliche Übertragung durch die Zeckenart Argas miniatus.

Bei allen Spirochätenerkrankungen treten Krisen mit Verschwinden der Spirochäten aus der Blutbahn in Erscheinung. Die Spirochäten fallen dabei vermutlich der Phagozytose anheim, und zwar scheinen namentlich Makro- und Mikrophagen in Milz und Knochenmark beteiligt zu sein. 48 Stunden nach der ersten Krise treten lytische und agglomerierende Antikörper im Blute auf. Diese versagen aber, wenn ein neuer Anfall eintritt, einem Teil der Spirochäten gegenüber, die nun gegen die Antikörper „fest" geworden sind.

Immunisierung ist sowohl aktiv (durch abgetötete, abgeschwächte oder spärliche Erreger) wie passiv (Serum geheilter Tiere) möglich. Therapeutisch hat sich Atoxyl (Na-salz der Aminophenylarsinsäure) prophylaktisch und therapeutisch bei Hühnerspirillose bewährt (Uhlenhuth); Salvarsan, 10 mg pro Kilo Körpergewicht, intravenös, bei Recurrens.

Das Preußische Seuchengesetz trifft für Rekurrens ähnliche Bestimmungen wie für Typhus.

3. Spirochaete pallida (Treponema pallidum) bei Syphilis.

Der von Schaudinn entdeckte Erreger der Syphilis ist eine sehr zarte, schwer färbbare Spirochäte mit zahlreichen steilen, tiefen und regelmäßigen Windungen und lebhaften Bewegungen, bei denen Rotationen um die Längsachse und häufig eigentümliche fast rechtwinklige Abknickungen auffallen, ohne stärkere Ortsveränderung. An beiden Enden findet sich je ein langer, nach Löffler färbbarer Geißelfaden. Andere Spirochäten haben flachere, nicht so zahlreiche Windungen, erscheinen, namentlich in der Mitte, dicker, färben sich kräftiger, so auch die Sp. refringens, die nicht selten neben Sp. pallida vorkommt. Der Nachweis gelingt am besten durch Untersuchung mit Dunkelfeldbeleuchtung (Gewebssaft von Primäraffekten und Schleimhautpapeln, Punktionssaft geschwollener Lymphdrüsen usw.). Ferner sind die Spirochäten nach der

Levaditischen Methode leicht nachweisbar in Haut und inneren Organen kongenitalsyphilitischer Kinder und Föten.

Die Spirochäten kommen konstant und ausschließlich in syphilitischen Produkten vor. Außerdem ergibt sich ihre Erregernatur aus gelungenen Übertragungsversuchen auf Affen und Kaninchen. Bei letzteren kommt es durch Hornhautimpfung oder Injektion in die vordere Augenkammer zu Keratitis syphilitica; in der erkrankten Hornhaut treten massenhaft Spirochäten auf. Oder es läßt sich von der Haut des Skrotums aus Skrotumsyphilis erzeugen; oder durch Einführung von Material in den Hoden Orchitis syphilitica (Uhlenhuth).

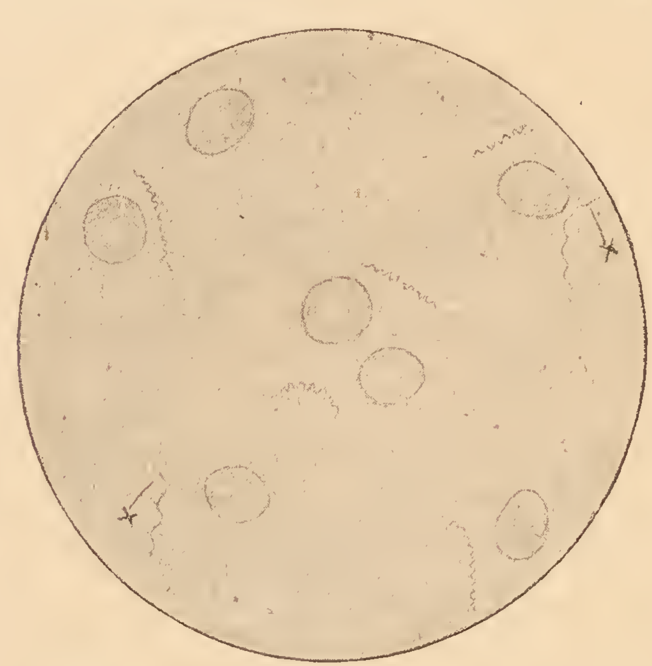


Fig. 204. Spirochaete pallida 800:1. Ausstrich von einem Primäraffekt. Giemsa-Färbung. X = zwei Exemplare v. Sp. refringens.

Eine Züchtung der Sp. pallida ist ähnlich wie bei der Sp. buccalis in halb erstarrtem Serum unter strenger Anaërobiose gelungen (Mühlens, Schereschewsky). Die Kulturen haben sich durch mehr als 18 Generationen fortzüchten lassen; die Feststellung ihrer Identität mit der Sp. pallida ist durch erfolgreiche Tierimpfung und durch Erzeugung einer spezifischen Hautreaktion (Intrakutanreaktion) bei Syphilitikern durch Kulturextrakte („Luëtin") anscheinend gelungen.

Uhlenhuth, Metschnikoff u. a. haben beobachtet, daß Atoxyl, und noch mehr das von Ehrlich hergestellte Salvarsan (Dioxydiamidoarsenobenzol), die auch gegen andere Spirochätenkrankheiten mit Erfolg verwendet sind, bei der Syphilis der Versuchstiere eine schützende bzw. heilende Wirkung zeigt.

Bei der ausschließlich unter den Tropen vorkommenden, im klinischen Bilde der Syphilis sehr ähnlichen, aber gutartigen, ohne Tertiär-Erscheinungen verlaufenden Framboesie, einer Krankheit, die hauptsächlich mit himbeerähnlichen Hauterupionen (Framboise = Himbeere) verläuft, ist als Erreger das der Spir. pall. sehr ähnliche Treponema pertenue von Castellani entdeckte. Auf Affen leicht übertragbar, auf Kaninchen bei direkter Impfung in den Testikel. Vorzügliche Heilerfolge mit Salvarsan.

Das Preußische Seuchengesetz sieht für solche Personen, welche gewerbsmäßig Unzucht treiben, und zwar Kranke, Krankheitsverdächtige und Ansteckungsverdächtige bei Syphilis, Tripper und Schanker eine Beobachtung, für derartig Erkrankte Absonderung vor. Ferner können erkrankte Personen, die gewerbsmäßig Unzucht treiben, zu ärztlicher Behandlung zwangsweise angehalten werden. — Wegen der sonstigen Prophylaxe s. Kap. 8.

4. Spirochäte (Spirosoma) ikterogenes bei Weilscher Krankheit.

Von Weil ist 1886 eine Krankheit beschrieben, die besonders im Sommer in sporadischen Fällen oder in kleineren Epidemien auftritt, vorwiegend bei jungen Leuten. Nach Inkubation von 7 Tagen Schüttelfrost, Fieber, Erbrechen, Durchfälle, Muskelschmerzen. Dann Icterus, Leber- und Milzschwellung, Nephritis; oft Herpes, Erytheme, Blutungen auf Haut und sichtbaren Schleimhäuten, Anginen. Fieberdauer 8—12 Tage, dann staffelförmiger Abfall; häufig nach 5—8 Tagen kurzes Rezidiv. Meist Heilung mit nachfolgender Immunität.

Als Erreger wurde fast gleichzeitig von japanischen (Inada und Ito, 1914) und deutschen Forschern (Huebner und Reiter, Uhlenhuth und Fromme, 1915) eine zarte, schlanke, manchmal besonders an den Enden knopfartig verdickte Spirochäte („Spirochäte ictero-haemorrhagica sive icterogenes") entdeckt. Bei Übertragung (intraperitoneal oder besser intrakardial) von 0,5 bis 2 ccm defibrinierten Blutes frischer Krankheitsfälle erkranken Meerschweinchen fast regelmäßig nach 4—5 Tagen an Fieber, Haut- und Konjunktival-Blutungen, Haut- und Scleral-Icterus, und gehen meist zugrunde. Sektionsbefund: Blutungen, Degenerationen, Zellinfiltrate und Ödem in Leber, Niere, Muskeln. Im Blut und zahlreichen Organen Spirochäten nachweisbar. Übertragung gelingt auf Kaninchen und Affen. Reinzüchtung in flüssigem Meerschweinchen- und Kaninchenserum mit Paraffinüberschichtung (Ungermann) und in erstarrtem Serum (nach Noguchi). Beim Menschen zirkuliert die Spirochäte nur in den ersten Krankheitstagen im Blute. Auch der Urin ist infektiös. In faulenden Organen und Wasser bleibt die Spirochäte tagelang lebensfähig. — Verbreitungsweise noch unbekannt (Kontakte, Urin, Insekten?). Vielleicht spielen Ratten, welche die Spirochäten, meist ohne klinische Erscheinungen, vielfach beherbergen, eine Rolle. Wirkung von Arsenpräparaten unsicher. Bekämpfung vorläufig nur durch frühzeitige Isolierung der Kranken, Desinfektion von Stuhl und Urin, Fernhaltung von Ungeziefer.

5. Spirochäten bei multipler Sklerose.

Bei multipler Sklerose des Hirns und Rückenmarks, einer Krankheit, bei der zahlreiche sklerotische Herde (Wucherung der Neuroglia, Infiltration der Gefäßwände) in der weißen Substanz entstehen, und die meist im mittleren Alter mit Zittern bei gewollten Bewegungen, Nystagmus, lallender Sprache, Schwindel, Spasmen, auftritt, haben Kuhn und Steiner die Übertragbarkeit auf Kaninchen und Meerschweinchen durch den liquor cerobrospinalis nachgewiesen; es treten schwere Erkrankungen mit Lähmungen usw. ein. Im Blut finden sich intra vitam, ebenso nach dem Tode innerhalb der Gefäße in Organschnitten, eigentümliche Spirochäten, denen der Weilschen Krankheit etwas ähnlich. Weitere Untersuchungen sind abzuwarten.

6. Spirochäten bei Gelbfieber.

Früher haben sich einige Male in südeuropäischen Häfen an Einschleppungen von Gelbfieber gehäufte Erkrankungen angeschlossen; in den letzten Jahrzehnten blieb die Krankheit auf die tropischen und subtropischen Gebiete anderer Erdteile beschränkt. Vorzugsweise ist sie in Brasilien verbreitet.

Als Erreger hat Noguchi eine sehr dünne, mit feinen Endfäden versehene bewegliche Spirochäte „Leptospira icteroides“ festgestellt, die sich im Blute, Leber- und Nierengewebe Kranker, bzw. infizierter, empfänglicher Tiere (bes. Meerschweinchen) findet. Reinzüchtung in halbstarren, serumhaltigen Nährböden unter geringer Sauerstoffspannung. Erfolgreiche Übertragung von Reinkultur auf Meerschweinchen und von Meerschweinchen auf Meerschweinchen. Übertragung der Krankheitserreger auf den Menschen nur durch eine zu den Culiciden gehörige, auf tropische Gebiete beschränkte Mückenart, Stegomyia callopus (s. fasciata). In den Weibchen findet eine Entwickelung des Parasiten statt, die bis zur Infektionstüchtigkeit 12 Tage dauert. Von da ab enthalten auch die Eier und die daraus entwickelten Imagines das Virus, letztere 14 Tage nach dem Ausschlüpfen, in infektionstüchtigem Zustand.

Zur Bekämpfung werden Anzeigepflicht, Isolierung der Kranken, vor allem aber tunlichste Vernichtung der Stegomyia mit entschiedenem Erfolg herangezogen. Die für die Gelbfieber-Bekämpfung besonders gut ausgebildeten Methoden der Mückenvernichtung sind im wesentlichen folgende: Das abgedichtete Haus des Erkrankten wird mit SO_2 ausgeräuchert (10—20 g S auf 1 cbm; 1½ Stunden Einwirkung). In den Gelbfieber-Krankenhäusern kommt der Kranke in einen „Netzkasten“ mit Drahtgaze und sog. „Tambour“-Verschluß (der auch an den Außentüren angebracht wird). Ein solcher Tambour besteht aus einem mannshohen Kasten mit Wänden aus Metallgaze, dessen vordere und hintere Tür automatisch schließen und durch Bänder derartig untereinander verkuppelt sind, daß stets nur eine Tür zurzeit geöffnet werden kann. — In den Kanälen, wo Unmassen von Stegomyien sich aufhalten, werden sie mit Claytongas bekämpft (s. unter Pest).

Für Gelbfieber gelten die Bestimmungen des Reichsseuchengesetzes.

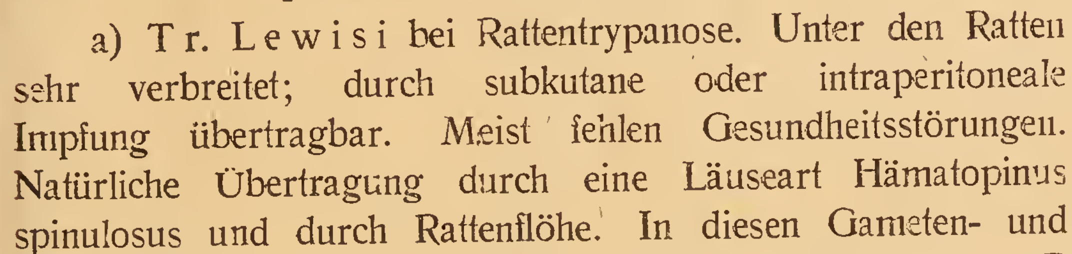
7. Trypanosen.

Die Trypanosomen haben längliche Gestalt, 1 oder 2 Geißeln, deren eine als Randfaden einer undulierenden Membran verläuft. Insertion an einem besonderen lokomotorischen Kern, dem Blepharoplast. Fortpflanzung durch Längsteilung; auch Rosettenstadium. Im 2. Wirt eventuell Gametenbildung, Befruchtung und Ookinetenbildung (s. S. 559). Zurzeit unterscheidet man acht Arten von Trypanosomen, die bei Säugetieren im Blutplasma wuchern und meist dadurch Krankheiten hervorrufen. Zum Teil sind sie durch Größe, Form und Lage des Blepharoplasten deutlich voneinander zu unterscheiden. Bei manchen

Arten sind aber wegen ihrer Neigung zu variieren solche Kennzeichen nicht festzuhalten. — Alle werden durch stechende Insekten, namentlich durch Glossina-, Stomoxys-, Tabanusarten, übertragen und scheinen in diesen eine geschlechtliche Entwicklung durchzumachen. Als therapeutisches Mittel haben sich bei verschiedenen derartigen Infektionen Arsenpräparate bewährt (eine Analogie mit den oben beschriebenen Spirochätenkrankheiten).



Fig. 205.
Trypanosoma, 1000:1.



a) Tr. Lewisi bei Rattentrypanose. Unter den Ratten sehr verbreitet; durch subkutane oder intraperitoneale Impfung übertragbar. Meist fehlen Gesundheitsstörungen. Natürliche Übertragung durch eine Läuseart Hämatopinus spinulosus und durch Rattenflöhe. In diesen Gameten- und Ookinetenbildung. — Im Blute oft multipele Teilung unter Bildung von Rosettenformen. Eine Art von Züchtung gelingt im Kondenswasser von Blutagar (Novy). Etwa 10 Tage nach der Übertragung auf eine Ratte gewinnt deren Serum schützende Wirkung, auch enthält es Stoffe, welche Agglomeration der Tr. in vitro herbeiführen.

b) Tr. Theileri; sehr großes, 30—70 μ langes Tr.; bei Rindern beobachtet, nicht pathogen.

c) Tr. Brucei, Erreger der Tsetsekrankheit (Nagana). In Afrika bei Rindern, Pferden, Eseln, Hunden, Schweinen usw. spontan auftretend, überimpfbar auch auf Meerschweinchen, Ratten, Mäuse. Chronischer Krankheitsverlauf; unregelmäßiges Fieber, rote Blutkörperchen stark vermindert, starke Abmagerung, Ödeme an Bauch und Beinen. Selten Heilung. Übertragen durch Glossinen, und zwar hauptsächlich durch Gl. morsitans, aber auch Gl. fusca und andere Arten. Die Glossinen haben ein Paar, in der Ruhe auf dem Rücken übereinandergelegte Flügel. Sie produzieren nur alle 10—14 Tage eine Larve, die sich rasch verpuppt und nach 6 Wochen eine geschlechtsreife Fliege liefert. Die Fliegen halten sich in schmalen Waldstreifen entlang den Seen und Flüssen auf; sie stechen vorzugsweise kurz nach Sonnenaufgang und vor Sonnenuntergang. — In den Fliegen bilden sich Mikro- und Makrogameten; ferner hat Koch einfache kuglige Zellen mit Kern beschrieben, die er als Jugendformen anspricht; daneben eigentümliche lange bandartige Formen. — Die Bekämpfung kann sich gegen die so spärlich sich vermehrenden Glossinen richten. Aktive Immunisierung mit schwach virulenten Tr. ist möglich; ebenso die Gewinnung eines an Schutzstoffen reichen, auch Präzipitin und Agglutinin enthaltenden Serums. Praktische Erfolge sind damit jedoch noch nicht erzielt. Von Interesse ist, daß die Trypanosomen die Eigenschaft besitzen, gegen die trypanoziden Serumkörper widerstandsfähig zu werden. Wie die Untersuchungen von Ehrlich, Braun und Teichmann ergeben haben, geht diese Serumfestigkeit mit einem Verlust von Antigenen und mit dem Neuerwerben bisher im Körper des Trypanosomas nicht vorhandener antigener Stoffe einher. Das serumfeste Trypanosoma ist befähigt, Antikörper zu bilden, und wieder gegen diese fest zu werden und von neuem andersartige Antigene zu bilden. Diese Tatsache bietet der aktiven Immu-

nisierung gegen die Trypanosomen besondere Schwierigkeiten. Dagegen sind Arsenpräparate (Bruce und Lingard, Laveran und Mesnil, Loeffler) und gewisse Farbstoffe (Trypanrot, Ehrlich; Brillantgrün, Wendelstadt) im Tierversuch wirksam befunden worden. Genügte die angewandte Dosis nicht zur Abtötung der Trypanosomen und wiederholt sich dieses Versagen mehrfach, so entstehen auch dann „giftfeste" Stämme, gegen die schließlich das betr. Mittel überhaupt nichts mehr ausrichtet.

d) Tr. Evansi, erzeugt die Surrakrankheit der Pferde, Esel, Kamele namentlich in Indien. Auf Rinder nicht übertragbar.

e) Tr. equinum, erzeugt die unter dem Namen „Mal de Caderas" bekannte Kruppenkrankheit der Pferde in Südamerika.

f) Tr. equiperdum. Erreger der Dourine, einer in Algier, Spanien usw. in den Gestüten auftretenden Beschälkrankheit der Pferde. 8—15 Tage nach dem Koitus entstehen Ödem des Penis, Plaques auf der Haut und eigentümliche Affektionen der Schleimhäute. Im Blut massenhaft Tr. von etwa 25 μ Länge. Auf Kaninchen, Meerschweinchen, Ratten übertragbar, aber unsicher. Atoxyl hat im Tierexperiment Heilung ergeben (Uhlenhuth).

g) Tr. Gambiense, 15—30 μ lang, erzeugt in Afrika, namentlich in Britisch-Ostafrika und Uganda, bei Negern und auch bei Europäern eine Trypanose, welche häufig ihren Ausgang in die „Schlafkrankheit" nimmt. Die Trypanose macht sich bemerkbar durch unregelmäßiges Fieber, Abmagerung, Ödeme, Milzvergrößerung. Bald treten Drüsenschwellungen an Hals und Nacken auf; durch mikroskopische Untersuchung von Punktionsflüssigkeit aus solchen Drüsen oder durch Blutuntersuchung gelingt der Nachweis der Trypanosomen, und damit die sicherste Diagnose der Krankheit. In einem Bruchteil der Fälle treten allmählich zerebrale Symptome hinzu, namentlich Schläfrigkeit, die in vollständiges Koma übergeht. — Die Übertragung geschieht durch Glossina palpalis; höchst selten auch durch den Geschlechtsverkehr (in dem von Glossinen freien Kisiba beobachtet, wenn die in Uganda beim Gummisammeln beschäftigten und hier infizierten Männer nach Hause zurückkehrten). In einigen Gegenden scheint auch die Glossina morsitans als Überträgerin auftreten zu können. Atoxyl, dessen Wirksamkeit von Thomas und Dutton, Broden und Ayres Kopke schon erkannt war, ist von Koch (in Dosen von

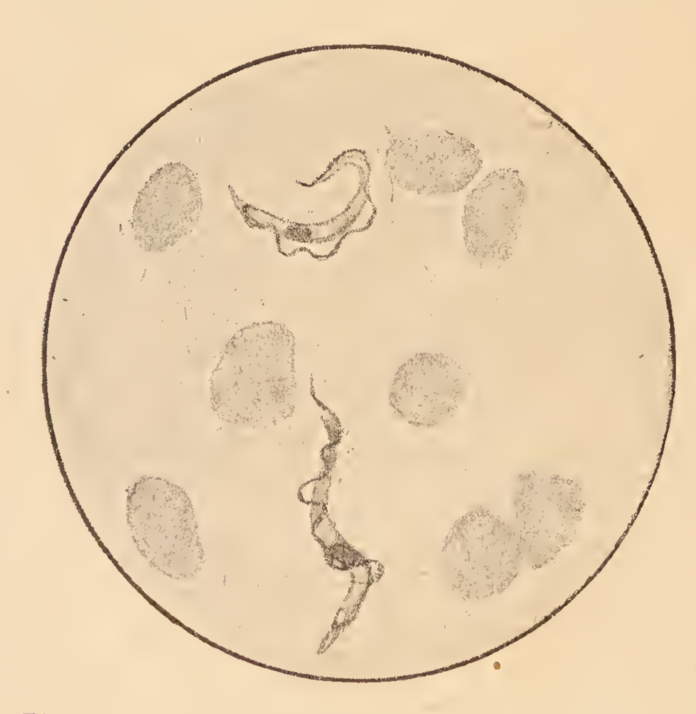


Fig. 206. Blut mit Trypanosoma Gambiense. 1000:1.

0,5 g alle 10 Tage durch 4—6 Monate) mit gutem Erfolg versucht bei frühzeitiger Behandlung. Zur Bekämpfung der Krankheit kommt außerdem Ausrottung der Glossinen durch Abholzen der See- und Flußufer und Verfolgung der Krokodile, von deren Blut sie hauptsächlich leben, in Betracht; ferner Grenzsperren und Konzentrationslager in Glossinenfreier Gegend, in denen die Kranken bis zur Heilung bzw. bis zum Tode gehalten werden. — Die Trypanosomen lassen sich auf Affen, aber auch auf Hunde und Meerschweinchen übertragen und rufen bei diesen Krankheit von chronischem Verlauf hervor.

h) In Rhodesia ist bei Fällen von Schlafkrankheit ein Trypanosoma gefunden worden, das durch plumpere Gestalt, durch stärkere Annäherung des Hauptkerns an den Blepharoplast und durch stärkere Tiervirulenz sich von Tr. Gambiense unterscheidet. Der Überträger dieses Tr. Rhodesiense ist Glossina morsitans. Auch kreuzweise Immunisierungsversuche haben die Sonderstellung des Tr. Rhodesiense dargetan.

i) Trypanosoma (Schizotrypanum) Cruzi. Von Chagas in einer brasilianischen, geflügelten Wanzenart, Conorrhinus megistus, entdeckt und als Erreger der „infektiösen Thryeoiditis“ erkannt.



Fig. 207. Schizotrypanum Cruzi 1000:1. *a* Schnitt durch eine quergestreifte Muskelfaser (nach Vianna). *b* Blut

Besonders bei Kindern. Kropfartige Geschwulst, schwere Anämie, Verzögerung der Entwickelung, Ödeme, Lymphdrüsenschwellung, Milztumor, nervöse Störungen gehören zum Krankheitsbilde. Parasiten frei im Blutplasma und innerhalb der roten Blutkörperchen, in letzterem Falle häufig ohne Geißel. Vermehrung durch Längsteilung wie bei den anderen Trypanosomen im Warmblüter bisher nicht beobachtet, dagegen Abrundung der Formen und Schizogonie im Lungenendothel, in Herzmuskel-, Neuroglia- und anderen Organzellen von Patienten und geimpften Tieren (Meerschweinchen, Katzen, Affen). Im Mitteldarm künstlich infizierter Wanzen enorme Vermehrung durch Längsteilung und Entwicklung von länglichen Flagellaten mit deutlicher undulierender Membran, die auch in den Speicheldrüsen gefunden wurden und wohl die Übertragung auf die Warmblüter vermitteln. Kultur auf Novy-Agar und Impfungen mit Kulturmaterial auf Meerschweinchen gelungen.

Zu den Trypanosomenkrankheiten ist wahrscheinlich auch das Kala-Azar zu rechnen. eine in China und Südasien verbreitete, unter Fieber, Ödemen, Durch-

fällen, Leber- und Milzschwellung häufig letal verlaufende Krankheit. Von Jemma in Palermo häufig bei Kindern beobachtet (infantile Milzanämie). Als Erreger werden rundliche, den Schizotrypanum-Merozoiten sehr ähnliche Gebilde angesprochen, die von Leishman und Donovan im Blut (Leukozyten), im Endothel der Blut- und Lebergefäße, sowie in Milz und Leber von Kalaazarpatienten entdeckt wurden (Leishmania Donovani). In mit Menschen- oder Kaninchenblutagar (nach Novy oder Nicolle) angelegten Kulturen entwickeln und vermehren sich aus den geißellosen kleinen Formen längliche, mit einer, von einem Blepharoplast ausgehenden Geißel versehene, membranlose Flagellaten (Rogers). Als Zwischenwirte fungieren vielleicht Flöhe von Hunden, in deren Milz Nicolle die charakteristischen Gebilde fand und durch Züchtung identifizierte. Übertragung von Menschen auf Affen und Hunde gelungen. Therapeutisch Arsenpräparate empfohlen. — Die bei der „endemischen Beulenkrankheit" oder „Orientbeule" meist in Makrophagen gefundenen Parasiten werden von vielen Autoren mit der L. Donov. identifiziert; andere trennen sie als Leishmania tropica ab.



Fig. 208. Leishmania Donovani. 1000:1. a Milzausstrich, b Kulturformen in verschiedenen Entwickelungsstufen.

8. Piroplasmosen (Babesiaerkrankungen).

Birnförmige Parasiten, welche die roten Blutkörperchen bewohnen und durch Zecken (achtbeinige, den Spinnen nahestehende Blutsauger) übertragen werden, in welchen sie eine Entwickelung durchmachen. Krankheiten durch Piroplasma-(Babesia-)arten sind beim Schaf, Pferd, Hund bekannt. Die wichtigsten sind:

a) Babesia bigemina (Th. Shmith und Kilborne), Erreger der Piroplasmose der Rinder (Texasfieber, Hämoglobinurie der Rinder). In allen Erdteilen und auch in Europa sehr verbreitet. Die Rinder erkranken unter Fieber, Blutharnen, Ikterus, starker Reduktion der roten Blutkörperchen. Im Blut finden sich in großer Menge in den Erythrozyten kleine, meist zu zweien gelagerte, birnförmige Körperchen, etwa 3 μ lang, mit den spitzen Enden konvergierend. Übertragen durch Ripicephalusarten. Die sechsbeinigen jungen Larven dieser Zecken bohren sich unter die Haut der Rinder und leben von deren Blut. Nach mehrfacher Häutung innerhalb 14 Tagen sind sie geschlechtsreif; es erfolgt Befruchtung; nach Anschwellung bis zur Größe eines Haselnußkerns fällt die Zecke ab, legt im Gras der Weiden 2—4000 Eier, aus denen nach 3—4 Wochen die jungen Larven mit infektionstüchtigen Parasiten auskriechen. — Nach Kochs Beobachtungen werden im Mageninhalt der Zecken, welche Blut

mit Parasiten gesogen haben, letztere bald frei und es bilden sich dann eigentümliche Stachelfiguren, deren Stacheln vom Chromatin ausgehen. Auch Kopulationszustände scheinen vorzukommen; ferner in den Eiern große birnförmige Körper von noch unklarer Bedeutung. Kälber sind relativ wenig empfänglich; eine Bekämpfung der Krankheit ist daher (außer durch Absperrung und Einfuhrverbot gegenüber verseuchten Gegenden) durch absichtliche Übertragung von Piroplasmenblut auf Kälber versucht, die nur leicht erkranken und dann immunisiert sind; aber Mißerfolge sind sehr häufig. Chemotherapeutisch ist Trypanblau mit Erfolg versucht. Zur Vernichtung der Zecken hat sich das Durchtreiben des Viehes durch mit Petroleum oder anderen Mineralölen gefüllte Bassins (Zeckenbäder) bewährt.



Fig. 209. Blut mit Babesia bigemina. 1000:1.

b) Babesia canis (Piana und Galli-Valerio). In den Tropen und Subtropen sehr verbreitete Hundepiroplasmose. Parasiten größer wie die vorigen. Zwischenwirte sind die Zecken Ripicephalus sanguineus und andere, die aber erst nach völlig abgeschlossener Entwickelung zum geschlechtsreifen Tier die Krankheit übertragen können.

c) Babesia parva (Theiler). Beim Küsten- oder Rhodesiafieber der Rinder in Ost- und Südafrika, Japan, Transkaukasien, auf den Philippinen usw. Sehr kleine, meist stäbchenförmige Parasiten. Vermehren sich nicht im peripheren Blut, sondern in inneren Organen, besonders in Milz und Lymphdrüsen, durch Schizogonie. Daher nicht, wie die vorigen, durch Injektion von Blut kranker auf gesunde Tiere übertragbar, sondern nur durch Einbringung größerer Milzstücke unter die Haut. In der Milz entstehen sehr charakteristische, große, vielkernige Gebilde, „Plasmakugeln" (Koch), aus denen sich Gametozyten entwickeln und ins periphere Blut gelangen. Ihre weitere Entwickelung geht in den Darmblindsäcken verschiedener Ripicephalusarten vor sich; es entstehen schließlich sehr kleine, keilförmige Keime, die wahrscheinlich durch Vermittelung der Speicheldrüsen die Neuinfektion von Rindern verursachen (Gonder). Spontan erworbenes und überstandenes Küstenfieber bewirkt lebenslängliche, auf die Kälber in etwa 25 % vererbbare, parasitenfreie Immunität mit spezifisch wirksamen Schutzstoffen im Blutserum. Ferner konnte Koch mit parasitenhaltigem Blut in wenigen großen oder häufigeren kleinen Dosen Rinder vor der natürlichen Infektion durch Zeckenbiß schützen.

9. Malaria.

Die Hämosporidien bilden in ihren jüngsten Stadien sehr kleine Einschlüsse in den roten Blutkörperchen des Zwischenwirts, z. B. des Menschen. Dort wachsen sie allmählich, zeigen amöboide Be-

wegungen, lagern Melanin in sich ab und erreichen oft die volle Größe des Blutkörperchens oder sogar mehr, indem letzteres sich unter der Einwirkung des Parasiten vergrößert. Schließlich tritt Schizogonie ein; vorher wird das Melanin in Häufchen oder Radspeichenform zusammengezogen, das Chromatin teilt sich in einzelne Portionen, von denen je eine einem Schizonten zufällt. Die Schizonten lösen sich endlich los, kommen in die Blutflüssigkeit und befallen wieder neue Erythrozyten. Beim Zerfall des Parasiten und Freiwerden seiner Schizonten treten seine Stoffwechselprodukte ins Blut, und vermutlich hierdurch wird in diesem Stadium Fieber ausgelöst. — Das Heranwachsen und die Vermehrung der Schizonten (endogene Entwickelung) wiederholt sich immer wieder, bis die Verhältnisse für den Parasiten ungünstig werden (Durchseuchung, wirksame Medikamente). Die Übertragung auf einen neuen, bessere Verhältnisse bietenden Wirt erfolgt aber nur durch Stechmücken, (Stechfliegen), welche die Parasiten mit dem Blut aufnehmen, zu weiterer Entwickelung kommen lassen und dann auf einen neuen Zwischenwirt übertragen. Zu diesem plötzlichen Übergang von Warm- und Kaltblüter oder umgekehrt würde die zarte Schizontenform des Parasiten ungeeignet sein. Wir sehen daher, daß der Parasit in einem späteren Stadium nicht nur Schizonten bildet, sondern daneben Gameten. Sie sind kenntlich daran, daß sie einen rundlichen kompakteren Körper haben, ohne Vakuole; daß sie weniger beweglich sind; daß das Pigment reichlicher und mehr stäbchenförmig auftritt; daß nach dem Größerwerden das Pigment verteilt bleibt, das Chromatin dagegen zwar gelockert, aber nicht verteilt wird, so daß also keine Vorbereitungen zur Schizogonie getroffen werden. Von solchen Gameten unterscheidet man zwei deutlich verschiedene Formen: bei der einen färbt Giemsalösung das Plasma entschieden blau, das Chromatin ist zart; dies sind die weiblichen Makrogametozyten (bei voller Reife und frei als Makrogameten bezeichnet). Bei der anderen Sorte färbt sich das Plasma kaum blau, das Chromatin ist derb und kräftig; dies sind die Mikrogametozyten. Aus letzteren kann man unter Umständen die Mikrogameten hervorgehen sehen als kleine Spermatozoen-ähnliche Gebilde. — Diese befallen im Mückenmagen (exogene Entwickelung) Makrogameten, und nach der Kopulation vollzieht sich ziemlich schnell die Geburt eines Würmchens, des Ookineten. Es folgt nun ein Zystenstadium in der Magenwand der Mücken (Amphiont) und die Entwickelung von Sporoblasten und schließlich sichelförmigen Sporozoïten. Diese verbreiten sich in der Mücke, kommen in die Speicheldrüsen und werden beim Stechen eines neuen Zwischenwirts in dessen Blut gebracht. Die Sporozoïten befallen dort Erythrozyten, wachsen wieder heran und vermehren sich durch Schizogonie. — Die Zeit, welche ver-

fließt von der Aufnahme der Gameten in die Mücke bis zur Beendigung der Sporozoïtenbildung, beträgt meist 10—12 Tage; diese Frist muß also mindestens zwischen den beiden Stichen der Mücke, zuerst beim infizierten, dann beim gesunden Zwischenwirt, liegen. — Von Schaudinn ist beobachtet, daß, wenn die Verhältnisse im Zwischenwirt wieder günstiger werden, Makrogameten in Schizogonie übergehen und Schizonten liefern können, die nur durch Schizogonie sich vermehren; in dieser Weise erklären sich die bei Malaria oft beobachteten Fieberrezidive. — Für jede Parasitenart kommen nur bestimmte Mückenarten als Wirte in Frage.

Zu den Hämosporidien gehören:

1. Familie Haemogregarinidae.

Wurmähnliche längliche Parasiten. Hauptsächlich bei Kaltblütern und Vögeln.

Gattungen: Drepanidium, z. B. ranarum; Haemoproteus (Halteridium).

Zu letzterer Gattung gehören:

H. Danilewskyi.
H. noctuae, beim Steinkauz.
H. columbarum.

2. Familie Plasmodidae.

Runde Parasiten. Bei Vögeln und Säugetieren.

Gattung Proteosoma, z. B. praecox bei Vögeln.

Gattung Plasmodium.

a) Pl. vivax, Parasit der menschlichen Tertiana.
b) Pl. malariae quartanae.
c) Pl. Laverania, Parasit der Mal. tropica.

Von den aufgeführten Arten seien hier zunächst die Hämogregarinen und Proteosoma praecox kurz beschrieben, weil bei ihnen die gesamte Entwickelung, einschließlich der geschlechtlich differenzierten Formen, besonders leicht zu erkennen ist.

Halteridium Danilewskyi.

In unserem Klima während des Sommers im Blut fast aller Turmfalken, Buchfinken usw. Selbst bei reichlichem Parasitengehalt zeigen die Vögel wenig oder keine Krankheitserscheinungen. Künstliche Übertragung durch Blut ist nicht gelungen. — In den Erythrozyten zahlreiche Parasiten, kurze oder längere Würmchen, die bei ihrem weiteren Wachstum sich schließlich ganz um den Kern des Erythrozyten herumlagern, ohne ihn zu verschieben. Am Schluß des Wachstums müßte man Schizogonie und Freiwerden der Schizonten erwarten; dies ist aber bisher nicht beobachtet, man weiß nicht, wo die jungen Formen gebildet werden, die an manchen Tagen in Masse auftauchen. Schaudinn hat beim Steinkauz beobachtet, daß dort H. noctuae nur über Tag in den roten Blutkörperchen festsitzt, über Nacht als Trypanosoma außerhalb derselben lebt, und daß in letzterem Zustande nach etwa 6 Tagen durch Längsteilung Schizogonie eintritt. Bei Nachprüfungen konnte dieser Befund von mehreren Beobachtern nicht be-

stätigt werden; die Möglichkeit einer zufälligen Anwesenheit von Trypanosomen bei den Versuchstieren ist schwer auszuschließen. Auch als letzte Entwickelungsstadien des H. noctuae in Culex will Schaudinn Trypanosomen beobachtet haben. — Besonders leicht lassen sich dagegen bei Halteridium die Anfänge der



Fig. 210. Entwickelung von Halteridium. 1000:1 (nach Koch).
A = Taubenblutkörperchen mit jungen (1) und älteren (2) Parasiten. C = Freie Gameten, 1 = Männchen, 2 = Weibchen. D = Aussendung der Mikrogameten; 1 = zwei aus dem Chromatinkörper hervorgehende Mikrogameten; 2 = Parasit mit vollständig entwickelten Mi.; 3 = abgetrennter Mi.; E = Würmchenbildung; 1 = weiblicher Parasit mit beginnender Würmchenbildung, 2 = fertiger Ookinet.

geschlechtlichen Entwickelung beobachten: Untersucht man das Blut nach Mischung mit 1 Teil Serum von Taubenblut und 9 Teilen 0,6%iger Kochsalzlösung im hängenden Tropfen, so tritt der Parasit aus den Blutkörperchen heraus, die Hantelform geht in Kugelform über; man kann dann mit der Romanowsky-Färbung zwei Kategorien von runden Körpern unterscheiden, solche mit blaßblauem Plasma und kompakter Chromatinmasse, an deren Rand bald 4—8 fadenförmige Gebilde auftreten, sich losreißen und frei in der Blutflüssigkeit bewegen; und zweitens solche mit kräftig blauem Plasma und aufgelockertem Chromatin. Erstere sind als männliche, letztere als weibliche Gameten anzusehen. Treffen die Spermatozoen-ähnlichen Mikrogameten auf einen weiblichen Gameten, so entsteht an diesem binnen etwa 20 Minuten eine Vorwölbung, dann ein spitzer Zapfen, aus dem schließlich ein freies, wenig bewegliches Würmchen (der Ookinet) hervorgeht. Dieses muß in Culexmücken seine weitere Entwickelung durchmachen.

Haemoproteus columbarum.

Morphologisch dem vorigen sehr ähnlich; in Italien, Frankreich, Algier und Brasilien sehr häufig bei der Haustaube gefunden. Hier bildet die Stechfliege Lynchia den Wirt. In ihr findet die Reifung und Kopulation der Gameten, sowie die Bildung der Ookineten statt; dessen weitere Entwickelung zu einer vielkernigen, die Sporozoiten produzierenden Zyste erfolgt erst innerhalb von Leukozyten des Lungengewebes der Taube.

Proteosoma praecox (Grassii).

Kommt hauptsächlich in südlichen Ländern in Stieglitzen, Sperlingen usw. vor. Verursacht schwere Erkrankung, die sich durch Bluteinimpfung und durch Culexmücken experimentell auf gesunde Vögel übertragen läßt. Meist findet sich reichlich Halteridium neben Proteosoma im Blut der Vögel. Letzterer Parasit zeigt nur runde oder ovale Formen; charakteristisch ist ferner, daß er den Kern des befallenen Blutkörperchens verdrängt, indem er ihn nach einem Pole zu verschiebt und dabei um seine kurze Achse dreht. Bei den herangewachsenen Para-

siten tritt Schizogonie ein, indem 16 kleine Schizonten das im Zentrum zusammengezogene Pigment rosettenartig umlagern. Neben dieser endogenen Vermehrung beobachtet man die Anfänge der geschlechtlichen Entwickelung wie bei Halteridium in Serummischungen, nur daß es nicht bis zur Würmchenbildung kommt. Diese finden sich vielmehr erst im Mageninhalt von Culex nemorosus, 12—15 Stunden nachdem die Mücke Blut der erkrankten Vögel eingesogen hat. Nach 48 Stunden



Fig. 211. Entwickelung von Proteosoma. 1000:1 (nach Koch).
A = Sperlingblutkörperchen mit Parasiten. *B* = Schizogonie. *C* und *D* = Freie Parasiten, nehmen sphärische Form an, der männliche mit Mikrogameten. *E* = Würmchenbildung. *F* = Zysten in der Magenwand von Culex, sekundäre Kugeln mit Sichelkeimen enthaltend. *G* = Freie Sichelkeime.

sind die Würmchen verschwunden, es bilden sich aber an der Außenseite des Magens von Culex kugelförmige, durchsichtige Gebilde, deren Inhalt sich in Sporoblasten und am 6. bis 7. Tage in zahlreiche Sichelkeime verwandelt. Letztere überschwemmen den ganzen Körper, sind aber vom 9.—10. Tage an nur noch in den Speicheldrüsen. Von diesen aus gelangen die Keime beim Stechen gesunder Vögel in deren Blut und vermehren sich dort zunächst wieder durch Schizogonie.

Plasmodium malariae hominis.

In frischen ungefärbten Blutpräparaten sind die Parasiten durch ihre Pseudopodienbildung leicht kenntlich. — Färbung s. im Anhang.



Fig. 212. Entwickelung des Malariaparasiten. 1000:1 (*F* = 600:1), teilweise schematisch.
A = Menschliche Blutkörperchen mit Parasiten. *B* = Schizogonie. *C* = Makrogameten (rechts) und Mikrogametocyten (links). *D* = Mikrogameten-Aussendung. *E* = Würmchen aus dem Darm von Anopheles. *F* = Zyste in der Magenwand von Anopheles, mit Sichelkeimen. *F* = freie Sichelkeime. *F*—*G* nach Grassi.

Die jüngsten Parasiten haben Napf- oder Ringform und füllen nur $^1/_{10}$ des roten Blutkörperchens. Früh tritt meist eine allmählich sich vergrößernde Vakuole hervor. Das Melanin bildet kleinere und größere Stäbchen und Körnchen; das Chromatin gruppiert sich in einem späte-

ren Stadium in 2 Leisten, dann folgt stärkere Teilung. Bei der Schizogonie wird das Pigment auf ein oder einige Zentren zusammengezogen, und der Körper des Parasiten zerfällt in 8—20 kleine Elemente, die rosettenartig das Pigmentzentrum umlagern können (Gänseblümchenstadium) und schließlich sich loslösen. — Außerdem treten bei vorgeschrittener Krankheit (nach mindestens 5 Anfällen) männliche und weibliche Gameten auf, deren Weiterentwickelung nur im Intestinaltraktus von Anopheles-, nicht von Culexmücken erfolgt; namentlich in A. claviger s. maculipennis.

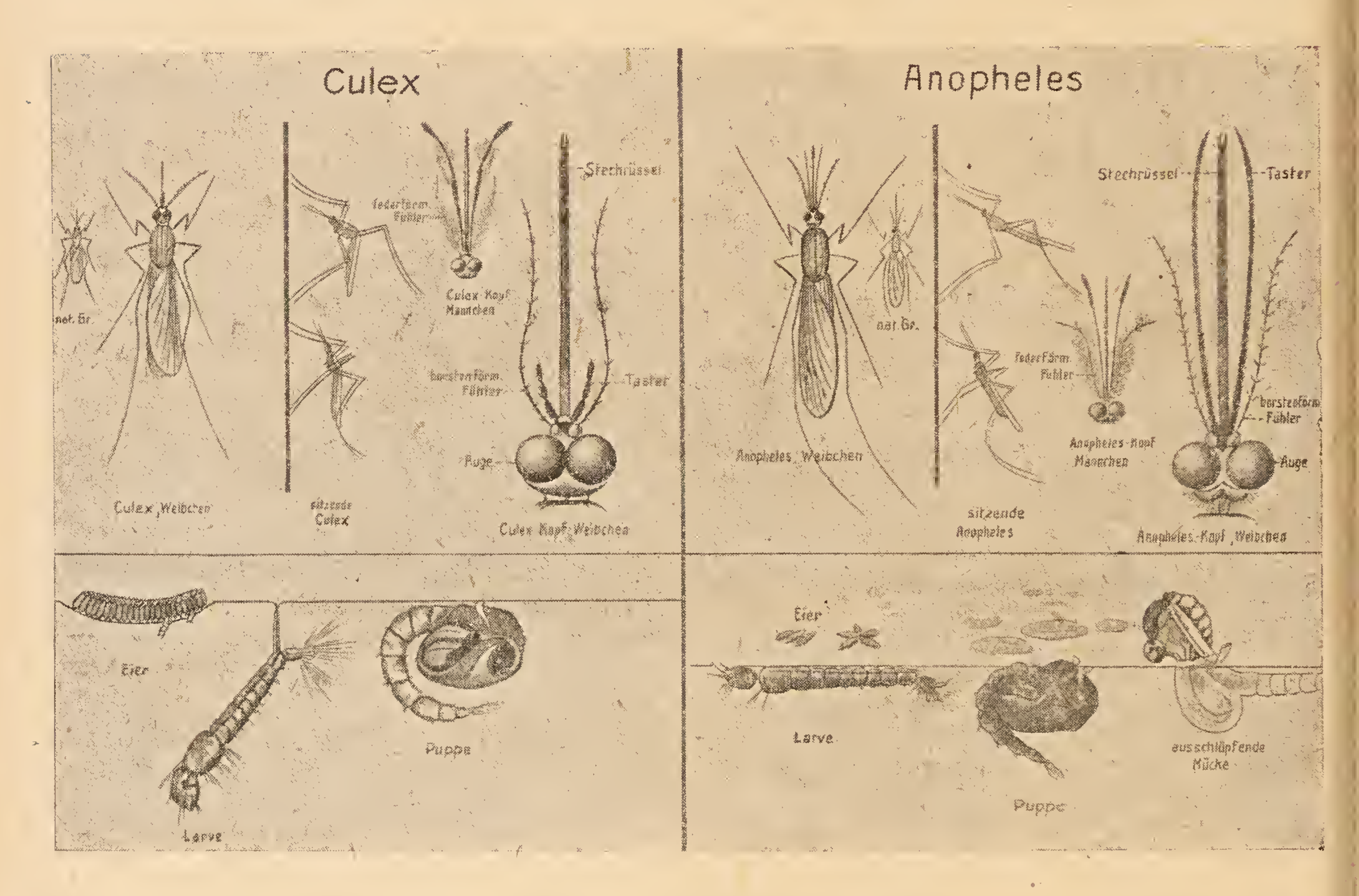


Fig. 213. Anopheles und Culex (etwas schematisiert).

Genus Anopheles und Genus Culex unterscheiden sich z. B. durch die kürzeren Taster und die wenig gefiederten Antennen der (allein stechenden) Culex-Weibchen, während beim Männchen die Fühlhörner länger sind als der Rüssel (s. Fig. 213). Bei Anopheles sind Fühlhörner und Stechapparat ungefähr gleich lang und die Antennen stärker gefiedert. Der Körper des sitzenden Culex ist geknickt, so daß das Hinterende parallel der Wandfläche ist; bei Anopheles bildet der Leib eine gerade Linie und steht in einem Winkel von 45° zur Wandfläche. Beide Mückengattungen deponieren ihre Eier in seichten Gewässern, oft kleinsten Wasseransammlungen, jedes Weibchen etwa 300; aus jedem Ei kriecht eine etwa 1 cm lange Larve aus, die im Wasser lebt und zeitweise zur Atmung an die Oberfläche kommt; dann folgt die Verpuppung und darauf Ausschlüpfen des Insekts. Zur ganzen Entwicklung braucht Anopheles bei 20—25° etwa 30 Tage; die neuen Insekten legen nach 20 Tagen wieder Eier. Bei Culex bildet das Eier-

gelege sog. Kähne, die Larve hängt fast senkrecht von der Wasseroberfläche abwärts; bei Anopheles liegen die Eier einzeln und die Larve hält sich parallel zur Wasseroberfläche dicht unter dieser. Anopheles claviger ist speziell gekennzeichnet durch vier auf jedem Flügel befindliche, in Form eines T gestellte dunkele Flecke.

Die Malaria tritt in drei verschiedenen Typen auf, denen ebenso viele Abarten des Malariaparasiten entsprechen:

Der Parasit der Febris quartana (mit Wiederholung des Frost- und Fieberanfalls nach je 72 Stunden) zeigt grobe Pseudopodien, grobes

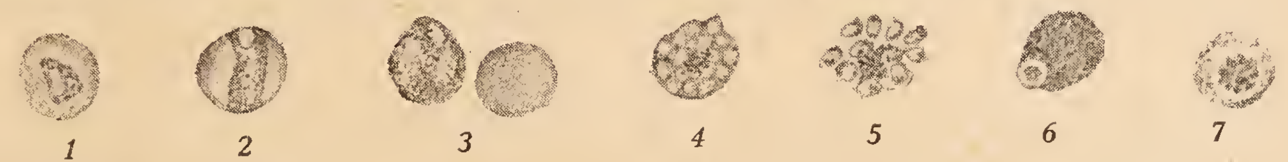


Fig. 214. Quartana-Parasiten. 800:1. *1—4* Schizonten, *5* Schizogonie, *6* Makrogamet, *7* Mikrogametozyt.

Pigment, 8—12 Schizonten; häufig bildet der Parasit mehr oder weniger deutlich ein Band quer über den Leib des Erythrozyten. Gameten sind spärlich; sie werden nicht größer als ein rotes Blutkörperchen, zeigen grobes Pigment. Keine Malariaform zeigt so häufige und hartnäckige Rezidive.

Bei Febris tertiana (Fieberanfall alle 48 Stunden) erscheint der Parasit, Pl. vivax, zarter, Pseudopodien dünner (sog. „zerrissene" Forment), Pigment feiner. Die befallenen roten Blutkörperchen nehmen an

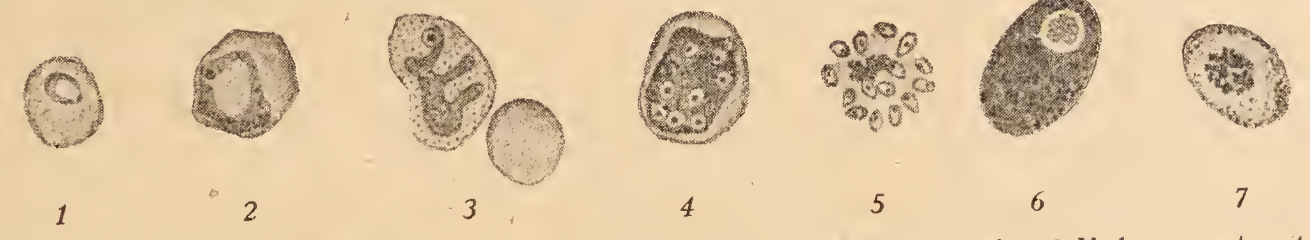


Fig. 215. Tertiana-Parasiten. 800 : 1 *1—4* Schizonten, *5* Schizogonie, *6* Makrogametozyt, *7* Mikrogametozyt.

Größe zu; zum Teil erscheinen sie bei der Färbung nach Giemsa rot getüpfelt (Schüffnersche Tüpfelung, charakteristisch für Tertiana). Die Schizonten sind 16—20 an Zahl, unregelmäßig verteilt. Gameten größer als Erythrozyten, bis zur doppelten Größe; feineres verteiltes Pigment.

Die Malaria tropica (Aestivo-Autumnalfieber der Italiener) ist eine Tertiana, bei der zwar ebenfalls alle 48 Stunden der Anfall sich wiederholt, bei der aber das Fieber etwa 40 Stunden andauert, die Remission nur 6—8 Stunden. Zu Anfang des Fiebers findet man hier den Parasiten in Form kleiner Ringe mit deutlichem Chromatinkorn; zu Ende und während der Remission größere Ringe, aber immer nicht mehr als ⅓ der roten Blutkörperchen einnehmend, mit einer Verbreiterung gegenüber dem Chromatinkorn. Pigmentkörner sind meist nicht sichtbar, nur braune Verfärbung; ferner unregelmäßige rote Fleckung der Blutkörperchen (Maurer). Schizontenbildung ist im Blut aus der

Fingerkuppe n i c h t zu beobachten, erfolgt vielmehr nur in i n n e r e n Organen, namentlich in der Milz. Die Gameten treten in H a l b m o n d- oder E i form auf. Die männlichen zeigen ein blasser gefärbtes Plasma und reichlicheres, kompakteres Chromatin, die weiblichen dunkeler ge-



Fig. 216. Tropica-Parasiten. 800:1. *1—4* Schizonten, *5* Schizogonie, *6* Makrogametozyt, *7* freier Mikrogametozyt.

färbte Leiber, weniger Chromatin. Die Halbmonde schmiegen sich anfangs dicht an die Erythrozyten an, diese oft um das Doppelte in der Länge überragend; später sind sie ganz frei.

Die beschriebenen Parasiten sind als die Erreger der Malaria anzusehen, weil sie in jedem Einzelfall von Malaria, nie aber bei gesunden Menschen oder anderen Kranken gefunden werden; weil ferner die Menge der Parasiten der Intensität der Krankheit entspricht; weil wirksame Chininbehandlung auch die Parasiten zum Verschwinden bringt; und weil intravenöse Injektion kleiner Mengen parasitenhaltigen Blutes — aber auch nur solchen Blutes — bei Gesunden typische Malaria hervorruft.

B a s s in New-Orleans hat künstlich die Tropikaparasiten zur Schizogonie veranlassen können in defibriniertem Blut; wichtig ist dabei Einhaltung einer Temperatur zwischen 38 und 40 °; ferner ein Zusatz von 0,1 ccm 50%iger Dextroselösung zu 8 ccm Blut, sowie sorgfältige Beseitigung der (sonst phagozytierenden!) Leukozyten durch Zentrifugieren. Nach 40—48 Stunden ist bei zahlreichsten Tropikaparasiten Schizogonie festzustellen. — Von Z i e m a n n bei Parasiten der heimischen Tertiana wiederholt.

E p i d e m i o l o g i e. Die Malaria ist von jeher als charakteristisches Beispiel einer n i c h t kontagiösen, ektogenen Infektionskrankheit aufgeführt. Die Krankheit wird niemals an beliebigem Orte vom Kranken auf den Gesunden direkt übertragen (es sei denn durch Überimpfung von Blut); sondern die natürliche Infektion erfolgt nur durch den Aufenthalt an einem Malaria o r t e; und man hat daher von jeher den ö r t l i c h e n Verhältnissen, unter welchen Malaria vorkommt, besonderes Interesse zugewandt.

Die Krankheit ist weitaus am verbreitesten in der tropischen und subtropischen Zone, wo sie als die verheerendste unter allen Krankheiten auftritt; in der kalten Zone fehlt sie gänzlich, in der gemäßigten zeigt sie teilweise noch starke Verbreitung; innerhalb Europas besonders in Südrußland, den Donauniederungen, in der Poebene und an der Westküste Italiens von Pisa abwärts, im Weichseldelta und in den Marschen Ostfrieslands und Hollands.

Ältere vergleichende Untersuchungen über die Eigenschaften des Malariabodens haben alle Beobachter zu der Anschauung geführt, daß nur ein Boden von relativ hoher Feuchtigkeit, von zeitweise großer Wärme und von einem beträchtlichen Gehalt an organischen Stoffen für Malaria disponiert sei. Von diesen Bodeneigenschaften nahm man früher an, daß sie für das Gedeihen der Malariaerreger selbst erforderlich seien, während man sie jetzt nur als die Entwickelungsbedingungen der Wirte der Erreger, Anopheles, anspricht.

Die nötige Feuchtigkeit findet sich niemals auf kompaktem, selten auf zerklüftetem Felsboden, häufig dagegen in porösem Schwemmboden. Hier kann sie teils durch hohen Stand des Grundwassers, teils durch Austreten von Flüssen, teils dadurch bewirkt werden, daß die schwer durchlässigen oberen Bodenschichten die Niederschläge lange zurückhalten. Oft bietet geradezu sumpfiges Terrain, wie es sich auf Ebenen oder in muldenförmigen Tälern entwickeln kann, Malariagefahr; oft ist der betreffende Boden während eines Teils des Jahres trocken und besitzt nur zeitweise den erforderlichen hohen Feuchtigkeitsgrad. Dauernd trockener Boden ist stets frei von Malaria; ebenso ein ständig mit Wasser überflutetes Terrain. — Mancher scheinbar disponierte feuchte Boden läßt trotzdem Malaria vermissen, weil zufällig keine Anopheles dorthin gelangt sind, oder weil irgendeiner Lebensbedingung derselben nicht entsprochen ist, oder weil den Mücken keine Gelegenheit zur Aufnahme von Parasiten gegeben war. Die für einen Malariaboden erforderliche Wärme beträgt mindestens 15—16°.

Neben der örtlichen Disposition gibt sich in den meisten Malariagegenden eine deutliche jahreszeitliche Disposition zu erkennen. In der nördlichen gemäßigten Zone zeigt die Malaria Maxima im Frühjahr und im Herbst; in südlicheren Ländern ist nur ein Maximum ausgeprägt, das den Sommer und Herbst umfaßt; in tropischen Malariagegenden treten häufigere Erkrankungen erst mit dem Beginn der Regenzeit auf, erreichen mit dem Nachlaß derselben ihr Maximum und nehmen dann wieder ab. — Die Witterung der einzelnen Jahre ist oft von entscheidendem Einfluß auf die Malariafrequenz, aber die gleiche Witterung wirkt an verschiedenen Orten sehr ungleich. Bei sehr feuchtem Terrain bringt anhaltender Regen Überflutung und damit ein Erlöschen der Epidemie zustande, bei trockenerem Boden wirkt er auslösend auf dieselbe. Trockenes Wetter kann bei sehr feuchtem Terrain die Malaria begünstigen, bei weniger feuchtem derselben ein Ende bereiten.

Man hat früher angenommen, daß in geeignetem Terrain Wasser und Luft die im Boden wuchernden Krankheitserreger verbreiten könne. Kritische epidemiologische Studien und Versuche von Celli machten aber eine Übertragung durch Wasser völlig unwahrscheinlich. Wasser aus exquisiten Malariagegenden, in malariafreie Gegend transportiert und hier von Gesunden getrunken, hat keine Erkrankung ausgelöst; und die Zuleitung einwandfreien Trinkwassers zu Malariagegenden hat dort die Malariaverbreitung nicht vermindert. Gegen eine Übertragung der Keime

durch Luft spricht die scharfe vertikale und horizontale Begrenzung des Infektionsbereichs, so zwar, daß z. B. eine gewisse Erhebung der Wohnungen über das Terrain bereits ausreicht, um Schutz gegen Infektion zu gewähren; ferner spricht dagegen die sehr erhebliche Steigerung der Infektionsgefahr zur Abend- und Nachtzeit.

Als einziger Übertragungsmodus kommt vielmehr die Einverleibung der Parasiten durch deren Wirt, Anopheles, in Betracht. — Eine endemische Ausbreitung von Malaria kommt nur da vor, wo Anophelesmücken vorhanden sind und gute Existenzbedingungen finden. Sumpfiges Terrain fand Koch z. B. im Tengger-Gebirge auf Java; dorthin wird durch Kranke, die von den ausgedehnten Malariaherden der Insel kommen, wiederholt Malaria eingeschleppt, es findet aber keine Verbreitung auf seßhafte Bewohner statt, weil es dort an Anopheles fehlt.

Endemische Malaria hat demnach nach unseren heutigen Vorstellungen drei Voraussetzungen.

Erstens: Malariakranke mit Parasiten in Gametenform im Blut. Auch bei Malaria spielt somit der kranke Mensch eine bedeutsame Rolle bei der Verbreitung der Krankheit.

Zweitens: Anophelesmücken müssen gute Lebensbedingungen vorfinden und Gelegenheit haben, Blut von Gametenträgern aufzunehmen und die Parasiten (innerhalb 10—12 Tagen) bis zur Bildung freier Sichelkeime zur Entwickelung zu bringen.

Drittens: Empfängliche Menschen müssen von Anopheles, welche 10—12 Tage oder länger vorher Blut von Malariakranken aufgenommen hatten, gestochen und beim Stich mit Sichelkeimen infiziert werden.

Die Prophylaxis kann eine dieser drei Bedingungen auszuschalten versuchen.

Erstens läßt sich versuchen, die Malariaparasiten im erkrankten Menschen durch konsequente Chininbehandlung zu tilgen. Da diese nach den im letzten Kriege gemachten Erfahrungen nicht selten versagt, müssen Arsenpräparate (Neosalvarsan) unter Umständen zu Hilfe genommen werden. Um die resistenten Gameten wieder in Schizonten überzuführen, müssen Rezidive provoziert werden, z. B. durch ultraviolettes Licht, Adrenalin, Eiweißinjektionen.

Zweitens: Das Eingreifen von Anopheles läßt sich dadurch ausschalten, daß man die Stechmücken mit parasitentragenden Menschen nicht in Berührung kommen läßt. Dies ist bei bettlägerigen Patienten durch Absperrung der Kranken zu erreichen, nicht aber für die weit größere Zahl der ambulanten Parasitenträger. — Eher kann man unter Umständen mit einer Vertilgung der Stechmücken bzw. ihrer Larven zum Ziele kommen.

Zur Larventötung in Wasser und Boden sind z. B. schweflige Säure, Saprol, Petroleum und gewisse Anilinfarben (Malachitgrün, Larvizid) empfohlen; ferner Aussetzen und Züchtung natürlicher Larvenfeinde, z. B. kleiner Karpfenarten, Stichlinge, gewisser Schwimmkäfer usw. Die ausgeschlüpften Stechmücken können in der Luft geschlossener Räume durch schweflige Säure, Terpentin, Menthol, Kampfer getötet werden; kräftige Wirkung kommt auch dem Tabaksrausch und dem Rauch von Dalmatiner Insektenpulver zu. Im Freien ist die Tötung der Mücken nicht möglich. — In Gegenden mit stärkerem Kontrast der Jahreszeiten flüchten sich zu Beginn der kälteren Jahreszeit die Mücken in die Keller der umliegenden Häuser; sie können dort durch Räucherungen, Abbrennen, Bespritzen mit Kaliseife usw. getötet werden.

In den meisten Malariagebieten wird indes eine Moskitovertilgung mit diesen Mitteln nicht vollständig gelingen. Es wird aussichtsvoller sein, den Stechmücken ihre Existenzbedingungen dadurch zu beschränken, daß der Boden trocken gelegt wird. Insbesondere kleine Wassertümpel sind zu beseitigen; Unterholz ist zu entfernen, Drainage, Eukalyptuspflanzungen kommen in Frage. In Städten kann auch durch dichte glatte Pflasterung von Straßen und Höfen und gute Entfernung alles auf die Oberfläche gelangenden Wassers Abhilfe geschaffen werden.

Drittens: Die empfänglichen Gesunden können gegen die Mückenstiche geschützt werden; z. B. durch Moskitonetze (Drahtgaze), die an den Öffnungen der Wohnungen ausgespannt sind und die unbekleideten Stellen des Körpers bedecken. Grassi und Celli haben in dieser Weise einen Malariaschutz z. B. bei dem Bahnpersonal in Malariaterrains angeblich mit Erfolg durchgeführt (s. Gelbfieber). Auch durch gutschließende Moskitonetze an den Schlafstellen kann der einzelne innerhalb der Wohnung sich gegen Stiche zu schützen suchen. Einreiben der Haut zum Schutz gegen Mückenstiche ist mit Nelkenöl, Terpentin- und Kampfersalben versucht, ohne befriedigenden Erfolg.

Schließlich kann man darauf ausgehen, die Empfänglichkeit der Gesunden dadurch zu beseitigen, daß man sie unempfänglich gegen die Parasiten macht; z. B. durch fortgesetzte prophylaktische Chininbehandlung, alle 3 Tage 0,5 g. — Eine einfachere und zuverlässigere Immunisierung bleibt indes noch zu wünschen übrig.

F. Parasitäre Krankheiten mit unsichtbaren, Bakterienfilter passierenden Erregern.

Eine wichtige Gruppe von Krankheitserregern, die so klein sind, daß sie mit den bisher bekannten Mitteln gar nicht oder nur sehr unvollkommen zu sehen sind, und die deshalb von Kruse als Aphanozoën bezeichnet werden. Eine weitere Folge ihrer Kleinheit ist die, daß sie die für das Abfiltrieren von Bakterien häufig benutzten Filter passieren. Jedoch machen sich in dieser Beziehung allerlei Abstufungen bemerkbar. Unter den Aphanozoen hat man diejenigen, welche Zelleinschlüsse bilden, als Chlamydozoen (Manteltierchen) bezeichnet

(v. Prowazek); diejenigen, welche feinste Körnchen (Elementarkörperchen innerhalb von Zellen bilden, Strongyloplasmen (Lipschütz).

Zu den Aphanozoen gehören erwiesenermaßen oder wahrscheinlich die Erreger der Pocken und der Windpocken des Menschen, der Geflügelpocken, des Molluscum contagiosum und der gewöhnlichen Warzen des Menschen, des Scharlachs, der Masern, des gewöhnlichen Schnupfens (Kruse; nach Dold unter Anaërobiose züchtbar), der Influenza, der Lungenseuche der Rinder, der Schweinepest, der Maul- und Klauenseuche, der Rinderpest, der Hühnerpest, der Hundswut, des Trachoms, der Kinderlähmung, des Fleckfiebers, des Fünftage-Fiebers, der Dengue, des Pappatacifiebers u. a. m. Im folgenden können nur für die wichtigsten dieser parasitären Krankheiten die Verbreitungsweise und Bekämpfung genauer besprochen werden.

1. Variola, Pocken.

Im Inhalt der Pocken- und Kuhpockenpustel lassen sich zunächst größere Gebilde sichtbar machen, die nach mehrfacher Richtung Interesse haben. Es sind dies die von Guarnieri entdeckten und später von Hückel, v. Wasielewski u. a. genauer studierten sog. „Vaccinekörperchen". Bringt man nämlich Inhalt von menschlichen Pockenpusteln oder von Kuhpocken bzw. menschlichen Impfpusteln unter die oberen Schichten der Hornhaut von Kaninchen, so entstehen in den Hornhautzellen kleine, die Kernfärbungen annehmende rundliche Einlagerungen, die Vaccinekörperchen, Cytoryctes vaccinae et variolae genannt (Guarnieri), deren Zahl mit dem Alter des Impfstichs zunimmt. Durch abgeschabte Teilchen der Hornhaut läßt sich derselbe Prozeß immer wieder bei neuen Kaninchen hervorrufen, und die Überimpfung von Abschabseln der Hornhaut auf Kälber und auf Kinder erzeugt Pusteln, welche eine Immunität gegen spätere Impfungen mit animaler oder humanisierter Lymphe bewirken (v. Wasielewski). Andere Substanzen oder unwirksam gewordene Lymphe sind nicht imstande, Vaccinekörperchen hervorzurufen.

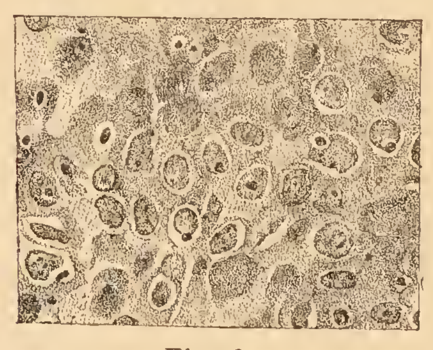


Fig. 217. Cytoryctes vaccinae, Vaccinekörperchen in Hornhautepithelzellen. 300 : 1 (nach v. Wasielewski).

Einige Beobachter wollen amöboide Bewegungen, ja Schizogonie usw. an den Körperchen gesehen haben und halten diese daher für die Erreger der Variola und Vaccina. Prowazek hat aber betont, daß durch Trypsin, Pepsin und Kochsalzlösung Auflösung der Körperchen eintritt und trotzdem Infektiosität der Lymphe bestehen bleibt, ferner daß ein Durchtritt des Virus durch die gewöhnlichen, sehr engporigen Bakterienfilter stattfindet; er betrachtet sie nur als Reaktionsprodukte, die sich aus chromatin- und

plastinartigen Stoffen das Zellplasmas unter dem Reize des eingedrungenen Virus bilden. Als die eigentlichen Parasiten sprach er äußerst kleine (¼—½ μ), kokkenartige Gebilde („Elementarkörper") an, die intrazellulär zu den etwas größeren „Initialkörpern" heranwachsen und hierbei die Bildung der Guarnierischen Körperchen auslösen sollen, in derem Innerem sie liegen und durch hantelförmige Teilungen wieder in Elementarkörper zerfallen. Ähnliche feinste Elemente hat Paschen gesehen, wenn er die Lymphe Berkefeld-Filter passieren ließ und dann Ausstriche mit Ferrotannatbeize und Karbolfuchsin färbte; es werden dann kokkenartige Körperchen mit Teilungsstadien sichtbar. — Volpino und Casagrandi haben in den Epithelzellen der Hornhaut bei Dunkelfeldbeleuchtung kleine Körperchen mit Molekularbewegung beobachtet, die sich nach Giemsa blau färbten. — Prowazek und Paul haben ferner die Lymphe zunächst durch Berkefeld-Filter geschickt, und dann die passierte Flüssigkeit durch engere Filter, namentlich Kolloidfilter aus 3%igem Agar, gehen lassen; der Rückstand auf letzteren soll mikroskopisch lediglich die „Elementarkörper" aufweisen. — Fornet hat schließlich ein Verfahren ausgearbeitet, bei dem zunächst alle begleitenden Bakterien durch Schütteln der Lymphe mit Äther abgetötet werden; dann wird der Äther verdampft, damit er nicht auch das Vaccine-Kontagium schädigt, und nun werden anaërobe Kulturen in Rinderserum oder Ascitesflüssigkeit + Zuckerbouillon angelegt. Nach 5—10tägiger Bebrütung bei 37° wurde weitergeimpft. Noch nach mehreren Übertragungen konnten zwar nicht regelmäßig aber doch zuweilen mit diesen Kulturen Vaccinepusteln erzeugt werden. Mikroskopisch fanden sich in der Kultur 0,2—0,5 μ große runde Körperchen mit Entwickelungsstadien = Microsoma vaccinae. — Auch diese Versuche sind noch nicht als beweisend anzusehen, da Verschleppung des unbekannten Kontagiums durch die Kulturen nicht sicher auszuschließen ist und die mikroskopischen Bilder für Organismen zu unregelmäßige Formen zeigen. — Von Bedeutung ist jedenfalls, daß die Guarnierischen Körperchen ausschließlich durch Variola und Vaccine zustande kommen und daher bei abortiven Pocken- bzw. verdächtigen Varizellenfällen zur Differentialdiagnose (Impfung von Pustelinhalt auf die Hornhaut besonders empfänglicher junger Albinokaninchen) verwertbar sind. — Nach Paul wird auch eine makroskopische Differentialdiagnose zwischen Pocken- und Varizellen-Material am geimpften Kaninchenauge dadurch möglich, daß man den 48 Stunden nach der Impfung herausgenommenen Bulbus in Sublimat-Alkohol einlegt. Nach 2—5 Minuten erscheinen dann bei Verimpfung von Pockenmaterial die Impfstellen als runde, milchweiße Trübungen, die bei Varizellen (aber auch bei vereinzelten Pockenfällen!) nicht auftreten. Die Trübungen entsprechen den Entwicklungsstätten der Cytorhyktes-Körperchen.

Die Krankheit beginnt nach einer Inkubation von 9—13 Tagen unter Schüttelfrost, hohem Fieber, Rückenschmerzen u. a. mit Angina und scharlach- oder masernartigem Exanthem; am 3. bis 4. Krankheitstage unter Fiebernachlaß folgt der eigentliche Pockenausschlag auf der Haut und den benachbarten Schleimhautgebieten, besonders den oberen Luftwegen und Augen: Rote, derbe Knoten, die sich zu Beginn der 2. Krankheitswoche unter neuem Fieberanstieg zu gelben, eitrigen Pusteln mit

rotem Hof ausbilden, platzen und nach allmählicher Abstoßung der dicken Borken mit tiefen Narben abheilen. Exitus häufig im Stadium des „Eiterfiebers".

Das Virus ist im Pustelinhalt, in den Hautschuppen, im Sputum und Nasensekret und in den Hustentröpfchen der Kranken enthalten. Es ist gegenüber den meisten chemischen Desinfektionsmitteln mäßig, gegen höhere Temperaturen recht empfindlich, dagegen gegen Kälte und Austrocknung höchst resistent, so daß es in trockenem Zustande über 3 Jahre lebensfähig bleiben kann. Demgemäß stellen Wäsche, Kleider, Betten und alle sonstigen vom Kranken benutzten Gebrauchsgegenstände für längere Zeit und auch nach weitem Transport gefährliche Infektionsquellen dar. So sind z. B. Epidemien von Bettfederreinigungs-Anstalten ausgegangen, in denen viel ausländisches, besonders aus Österreich-Ungarn, Rußland und China importiertes Material verarbeitet wird. — Die häufigste Infektionsquelle scheinen indes die Tröpfchen zu sein, die vom Kranken beim Husten und Sprechen vermutlich schon im ersten Anfang bzw. vor Ausbruch der eigentlichen Krankheitssymptome, versprüht werden (Friedemann).

Als Transportwege fungieren vor allem Berührungen der verschiedensten Art, direkte und indirekte; ferner die Einatmung kontagiumhaltiger Tröpfchen oder Stäubchen. Auch die Luft im Freien soll in der Nähe von Pockenspitälern die Übertragung der Krankheit mehrfach bewirkt haben; jedoch ist in keinem dieser Fälle jeder andere Infektionsmodus sicher auszuschließen. Gelegentlich kann der Transport der Erreger auch durch Nahrungsmittel (Milch) und durch Insekten erfolgen.

Die individuelle Empfänglichkeit erstreckt sich auf alle Lebensalter.

Durch Überstehen der Krankheit kommt eine mindestens 10 Jahre, nur in einzelnen Ausnahmefällen kürzer dauernde Immunität zustande. Rezidive ebenso wie Erkrankungen Schutzgeimpfter verlaufen fast stets in milder Form (Variolois).

Eine örtliche Disposition tritt in manchen Ländern und z. B. in den einzelnen Provinzen Preußens bis zu einem gewissen Grade hervor, ist aber nur abhängig von der Häufigkeit der Einschleppung aus verseuchten Ländern und von variierenden Sitten und Gebräuchen. Jahreszeitliche Schwankungen finden sich mehrfach, besonders da, wo starke Kontraste zwischen Sommer und Winter hervortreten. Die stärkere Häufung der Pocken im Winter erklärt sich durch den vermehrten Aufenthalt der Menschen in geschlossenen Räumen und die Erschwerung der Reinigung von Körper, Kleidern und Wohnung.

Die prophylaktischen Maßregeln haben sich nach Maßgabe des Reichsseuchengesetzes auf strenge Absperrung des

Kranken, auf Pflege durch geschulte und gegen Pocken immune Wärter, auf energische Desinfektion während und nach der Krankheit und schleunige Schutzimpfung der einer Ansteckung exponierten Personen zu erstrecken. Diese Maßnahmen zur Bekämpfung reichen aber nicht aus, wie durch die neuere Pockenstatistik derjenigen Länder und Städte bestätigt wird (Frankreich, Italien), in welchen diese Seuchenbekämpfung bereits seit Jahren Eingang gefunden hat, ohne daß eine wesentliche Hemmung der Ausbreitung gelungen wäre.

Dagegen bietet bei den Pocken eine Schutzimpfung besonders günstige Aussichten, weil hier eine aktive Immunisierung mit einem Impfstoff möglich ist, der mit außerordentlicher Zähigkeit seinen bestimmten Virulenzgrad beibehält, der ferner eine sehr mäßige, durchaus unbedenkliche Impfkrankheit erzeugt und schließlich einen sicheren Impfschutz auf die Dauer von 10 Jahren und länger gewährt.

Der Vorläufer der heutigen Schutzpockenimpfung war die „Variolation", die in der 1. Hälfte des 18. Jahrhunderts vom Orient aus, wo sie schon lange geübt wurde, auch in Europa Verbreitung fand. Man hatte die Erfahrung gemacht, daß die Erkrankung bei künstlicher Einimpfung des Pockenvirus in die Haut in der Regel relativ leicht verläuft. Nach etwa 3tägiger Inkubation bilden sich an den Impfstellen Pusteln aus, die am 9. Tage den Höhepunkt der Entwickelung erreichen; am 7. und 8. Tage tritt heftiges Fieber ein und am 10. Tage eine allgemeine Eruption von Pusteln, die aber schon am 12. Tage zurückgeht. — Der Erfolg der Variolation war jedoch keineswegs befriedigend: Erstens war die Erkrankung oft ziemlich schwer und hinterließ dauernde Schädigungen; selbst Todesfälle (etwa 1 : 300 Geimpfte) kamen vor. Zweitens aber trug die Variolation sehr zur Verbreitung der Pocken bei, da die von den Geimpften stammenden Erreger bei Ungeimpften nicht wieder gemilderte, sondern schwere typische Variola hervorriefen.

Die Variolation wurde daher verlassen, als man einen Impfstoff kennen lernte, dem diese schweren Mängel nicht anhaften.

Dieser Impfstoff ist von dem englischen Landarzt Edward Jenner (1749—1823) im Inhalt („Lymphe") der Kuhpocke entdeckt. Als Kuhpocken (Vaccine) bezeichnet man eine vorzugsweise junge weibliche Tiere befallende Krankheit des Rindviehs, bei der unter 2—3tägigem Fieber am Euter zuerst pockenartige, jedoch bei normaler Weiterentwickelung nicht eitrig werdende Bläschen entstehen, die nach 8—10 Tagen eintrocknen und allmählich als brauner Schorf abfallen, und deren Sekret beim Menschen ähnliche Pusteln mit gleichem gutartigem Verlaufe hervorruft.

Daß zwischen der Vaccine und den Menschenpocken eine Verwandtschaft besteht, war Jenner unbekannt. Er ging von dem Volksglauben seiner Heimat aus, daß Menschen (Melkpersonal), die gelegentlich Kuhpocken durchgemacht hatten, bei Pockenepidemien von der Krankheit

verschont blieben, und gewann in jahrzehntelangen Beobachtungen die Überzeugung von der Richtigkeit dieser Tradition. Er lieferte schließlich, im Jahre 1796, den bestimmten Beweis für die Schutzkraft der Kuhpocken gegen die Menschenpocken dadurch, daß er mit Kuhpocken infizierte Menschen nachher der Variolation unterwarf, und daß diese ohne Erfolg blieb. Ferner zeigte Jenner, daß die Übertragung der Kuhpocken von Mensch zu Mensch möglich sei und daß dieser humanisierte Impfstoff die gleiche Schutzkraft äußert, wie der vom Tier stammende animale Impfstoff. Dadurch wurde in damaliger Zeit, wo man die Kuhpocken für eine besondere, nur spontan und selten auftretende Krankheit hielt, und wo man von deren künstlicher Übertragbarkeit von Tier zu Tier noch nichts wußte, überhaupt erst die Ausführbarkeit der Impfung in großem Maßstabe und ein Impfzwang möglich.

Neuerdings können wir auf die Verwandtschaft zwischen Variola und Vaccine zunächst daraus schließen, daß die Ergebnisse der oben angeführten histologischen und kulturellen Untersuchungen über das Kontagium und seine spezifische Einwirkung auf die Zellen für beide durchaus übereinstimmen. Beweisender sind aber die biologischen Beobachtungen die sich aus Übertragungs- und Immunisierungsversuchen ergeben. Künstliche Übertragungsversuche von Variola auf Kälber und Kühe fielen früher meist negativ aus, so daß viele an den Zusammenhang der Menschen- und Kuhpocken überhaupt nicht glauben wollten. Erst durch Fischer, Haccius, Freyer, Voigt u. a. ist gezeigt worden, daß bei richtiger Technik (Verimpfung junger Pockenpusteln samt ihrem Boden in breiter Kontaktfläche) die Übertragung fast ausnahmslos gelingt und daß dadurch Immunität gegen Variola und Vaccine bewirkt wird. Der Impfeffekt besteht darin, daß eine leichte Erkrankung eintritt mit lokaler Pustelbildung (Variola-Vaccine), die durchaus dem Bilde der oben beschriebenen Kuhpocken gleicht. Die bisher nur „originär“ beobachteten Kuhpocken waren früher offenbar unabsichtlich durch frisch variolisierte Melker entstanden. Zweitens rufen weitere, nunmehr leicht haftende, Übertragungen von Variola-Vaccine auf Kälber stets wieder Vaccine hervor, und diese Eigenschaft erhält sich in weiteren Fortzüchtungen. Sie bewährt sich aber auch beim Menschen; bei Infektion mit dem Vaccinevirus erkrankt dieser gleichfalls nur in leichter Weise und wird gegen Vaccine und Variola immun. Der Vaccineerreger ist demnach eine durch Tierpassage abgeschwächte Modifikation des Variolaerregers, die als Antigen auf dem Wege aktiver Immunisierung einen Schutz gegen die virulentere Modifikation verleiht, ähnlich wie die Kaninchen-Modifikation

des Schweinerotlaufs, der Tollwut u. a. m. — Auch auf Kälber kann in jetziger Zeit leicht eine unabsichtliche Übertragung von Vaccine stattfinden durch frisch vaccinierte Menschen; so erklärt sich die heutige Entstehung der „originären" Kuhpocken.

Die klinischen Erscheinungen bei der künstlichen Vaccination des Menschen sind verschieden, je nachdem es sich um eine Erst- oder um eine Wiederimpfung (Revakzination) handelt (v. Pirquet). Beim Erstimpfling folgt zunächst nach einer schnell vorübergehenden, nicht spezifischen Hyperämie der Impfschnitte und ihrer Umgebung (der „traumatischen Reaktion") ein 3 Tage dauerndes Stadium der „Latenz". Alsdann röten sich die Schnitte aufs neue und schwellen zu kleinen Knötchen an, die am 5. Tage hochrote, flachhalbkugelige „Papeln" (Papillen) bilden, sich am 6. Tage abflachen und kegelstumpfartig in die Ebene der geröteten, sonst aber normalen Haut abfallen. Am 7. und 8. Tage vollzieht sich unter zunehmender Exsudation ins Innere des Bläschens eine Differenzierung der zentralen, perlgrauen, in der Mitte leicht eingezogenen Effloreszenz von dem schmalen, ziemlich scharfen, hochroten Saum, der „Aula". Das Bläschen („Jennersches Bläschen") enthält die völlig klare, bakterienfreie „Lymphe", die beim Anstich in einzelnen Tröpfchen herausquillt und früher, nach Jenners Vorgang, zur Übertragung auf neue Impflinge diente. Am Abend des 9. Tages entwickelt sich plötzlich unter Fieber, Schwellung und Druckempfindlichkeit der Achseldrüsen aus der Aula eine erysipelartige, peripher schnell wachsende, weit ausgedehnte und von derber, erhabener Infiltration des Untergrundes und kollateralem Ödem begleitete düsterrote Hyperämie, die „Area" (Areola). Gleichzeitig trübt sich der Inhalt des Bläschens eitrig und verliert die weitere Übertragbarkeit. Vom 11. Tage Abblassen der Area und Eintrocknen der gelblichen „Pustel" zu einer braungelben bis schwarzbraunen Borke, die nach 3—4 Wochen unter Hinterlassung einer strahligen Narbe abfällt. Dieser Verlauf ist fast ausnahmslos bei jedem Erstimpfling und jeder Impfstelle desselben zu beobachten.

Im Gegensatz hierzu beobachtet man bei vielen Wiederimpflingen gewisse Erscheinungen, die aus der wiederholten Einbringung des gleichen Antigens erklärt und als anaphylaktische aufgefaßt werden können (v. Pirquet). Ein gemeinsames Merkmal der Revakzination ist der schnellere Eintritt der spezifischen Reaktion, und zwar um so früher, je kürzer das Intervall seit der ersten Impfung ist. v. Pirquet unterscheidet 2 Haupttypen: 1. Die typische „Frühreaktion", bei kurzem Intervall seit der Erstimpfung: Papelbildung schon am 2. Tage ohne Areola und Fieber. 2. Die beschleunigte „Areareaktion", bei längerem Intervall seit der

Erstimpfung: Nach 48stündiger Latenz Papel mit schmaler Aula, schon am 3. Tage allmählicher Übergang derselben in die Area von mäßiger Ausdehnung und Rötung ohne oder unter geringem Fieber, Akme am 7.—8. Tage, rasche Rückbildung, manchmal, besonders nach sehr langem Intervall seit der Erstimpfung, hohes Fieber und noch stärkere Area wie beim Erstimpfling („hyperergische beschleunigte Areareaktion").

v. Pirquet hat diese Erscheinungen bei der Erst- und Wiederimpfung folgendermaßen zu erklären versucht: Bei der Erstimpfung vermehren sich zunächst die Erreger an der Impfstelle ohne bemerkbare Reaktion. Erst nach 3 Tagen tritt eine solche — wahrscheinlich schon unter Antikörperbildung — in Gestalt der Papel und Aula auf; erstere nimmt in den folgenden Tagen entsprechend dem Wachsen der Erreger zu; gleichzeitig gelangt ein Teil von ihnen auf dem Blutwege in Milz und Knochenmark und regt hier die Bildung von gegen die Hülle des Erregers gerichteten Lysinen an. Diese lösen zunächst nur einzelne Erreger im Kreislauf, machen aus ihnen pyrogene Endotoxine frei und rufen dadurch zuerst nur mäßiges, dann aber, beim Angriff auf die Hauptmasse des Erregers an der Impfstelle, hohes Fieber und lokale Entzündung hervor. Unterdessen werden auch gegen die Endotoxine Antikörper gebildet, die schließlich im Verein mit den Lysinen, den Mikrobenresten und Krankheitserscheinungen ein Ende machen. Beide Antikörper bleiben alsdann in den Geweben des Organismus lange Zeit erhalten, und zwar die Lysine länger als die Antitoxine, und bedingen das veränderte Verhalten („Allergie") des Wiederimpflings gegenüber dem Erstimpfling: Sind nämlich beide Antikörper noch reichlich vorhanden, so werden wieder eingeimpfte Mikroben samt ihren Toxinen sehr schnell fast restlos vernichtet; ist aber schon relative Insuffizienz der Antitoxine eingetreten, so werden zwar die Erreger schneller abgetötet, aber der Überschuß der nicht neutralisierten Toxine bewirkt Areabildung und Fieber; versagen schließlich auch die Lysine, so wachsen zwar zunächst die Erreger im Gewebe, der Organismus hat aber die Fähigkeit zurückbehalten, neue Antikörper rascher als bei der Erstimpfung nachzubilden und beseitigt daher schneller die Mikroben und Toxine. Dieser Zustand der „Überempfindlichkeit" schwankt individuell erheblich; er ist besonders ausgeprägt bei den „hyperergischen" Reaktionen, die durch schnelle Lysinbildung ohne entsprechende Antitoxinproduktion bedingt werden, und steigert sich bei wiederholter Revaccination durch stetige Zunahme dieses Mißverhältnisses.

Experimentell hat sich bezüglich der Antikörper folgendes ergeben: Im Blutserum von Pockenrekonvaleszenten und erfolgreich Geimpften, sowie von variolisierten und vaccinierten Versuchstieren (Affe, Kalb, Kaninchen, Pferd) sind öfters virulizide (thermostabile) Antikörper etwa vom 7. Tage an nachgewiesen worden, die ungefähr am 14. Tage ihre größte Wirksamkeit erreichen und dann meist ziemlich schnell, manchmal schon nach wenigen Tagen, wieder verschwinden. Präzipitine scheinen, wenn überhaupt, nur in praktisch nicht verwertbarer Menge vorhanden zu sein. Komplementbindende Stoffe konnten bei Pockenrekonvaleszenten nur etwa 3 Wochen lang, bei Revakzinierten

(nur in ⅓ der Fälle) vom 10.—16. Tage, bei lapinisierten Kaninchen etwa in derselben Zeit, bei Rindern überhaupt nicht oder nur in äußerst geringer Menge gefunden werden.

Gegen den Erklärungsversuch v. Pirquets läßt sich demnach geltend machen, daß bisher nur virulizide Stoffe nachgewiesen sind und daß auch sie nicht der eigentliche Träger der Hauptimmunität sein können, da diese bereits vor dem Auftreten der Antikörper nachweisbar ist und lange nach deren Verschwinden fortbesteht. Diesen Tatsachen trägt folgende Vorstellung über die Entstehung der Immunität mehr Rechnung: Das Virus hat eine besondere Affinität zu gewissen Deckepithelzellen, gelangt abgetötet oder bis auf seine als Antigen noch wirksamen Bestandteile abgebaut von der Impfstelle aus auf dem Blutwege zu jeder ihm spezifisch verwandten Deckepithelzelle und verleiht ihr nach Verankerung an präformierte Rezeptoren die neue „allergische" Fähigkeit, diese Rezeptoren im Überschuß zu bilden (histogene Immunität) und in die Blutbahn abzustoßen, wo sie einige Zeit nachweisbar sind und durch Antigen-Antikörperreaktion zur Bildung der Area beitragen. Stellt die Zelle die Abstoßung freier Rezeptoren ein, so behält sie doch die Fähigkeit, auf geringere oder, nach längerer Zeit, erst auf größere Antigenmengen mit beschleunigter Abstoßung von Rezeptoren zu antworten und den Erreger sofort, fast ohne Reaktion, oder etwas langsamer unter Eintreten örtlicher Reaktion, zu vernichten (Hallwachs).

Die besondere Schwierigkeit einer Bekämpfung der Pocken führte bald zu der Überzeugung, daß nur die Einführung eines allgemeinen Impfzwangs imstande sein werde, diese Krankheit zu tilgen. Fällt der gesetzliche Zwang fort, so entziehen sich viele aus Leichtsinn oder Unglauben der Impfung; durch diese werden dann auch alle die zahlreichen Menschen in Gefahr gebracht, bei welchen durch ungenügend ausgeführte, erfolglose oder nicht rechtzeitig wiederholte Impfung der Impfschutz ausgeblieben war.

Aus diesen Erwägungen heraus führten verschiedene Kulturländer schon wenige Jahre nach der Jennerschen Entdeckung den Impfzwang ein; 1807 Bayern, 1810 Schweden, 1835 Preußen. 1874 wurde für Deutschland ein neues Impfgesetz erlassen.

Dieses Gesetz bestimmt, daß jedes Kind vor Ablauf des Kalenderjahres, welches auf das Geburtsjahr folgt, zum ersten Male, und vor Ablauf des Jahres, in welchem die Kinder ihr 12. Lebensjahr vollenden, zum zweiten Male (Revaccination) geimpft wird. Der gesetzlichen Pflicht ist genügt, wenn mindestens eine Impfpustel entwickelt ist; wünschenswert ist die Entwickelung von vier Pusteln, da sich gezeigt hat, daß der Grad der Schutzwirkung von der Zahl der entwickelten Pusteln abhängig ist. (Pockenkranke mit einer schlechten Narbe lieferten noch 12 % Todesfälle, solche mit zwei guten Narben 2,3 %, mit vier guten Narben 0,05 %).

Der Impfzwang erscheint indes nur dann gerechtfertigt, wenn der Schutz gegen Variola unzweifelhaft feststeht

und wenn andererseits keine Gesundheitsschädigung durch die Impfung bewirkt wird.

Die Schutzkraft der Pockenimpfung geht zunächst hervor aus dem durchweg negativen Ergebnis der von Jenner und seinen Zeitgenossen in mehreren Tausenden von Fällen vorgenommenen Experimente, in welchem die geimpften Individuen nachträglich der Variolation unterworfen wurden.

Ferner ergibt sich diese Schutzkraft aus den statistischen Zusammenstellungen. Freilich dürfen diese nicht etwa in der Weise ausgeführt werden, daß nur eine Anzahl von Pockenkranken befragt wird, ob sie in der Jugend geimpft seien. Die so erhaltenen Aussagen sind stets unsicher, lauten aber meist, fälschlicherweise, bejahend, da z. B. in Preußen seit 1835 das Unterlassen der Impfung mit Polizeistrafe bedroht war.

In richtigerer Weise hat man in Städten, welche von stärkeren Pockenepidemien heimgesucht waren, eine Statistik zu gewinnen versucht, indem man nach den amtlichen Impflisten die Zahl der überhaupt Geimpften und die der Nichtgeimpften und ferner die Zahl der unter den Pockenkranken vorhandenen Geimpften und Ungeimpften feststellte. Bei einer solchen Zusammenstellung, z. B. 1873 in Chemnitz, hat sich ergeben, daß nur etwa 1,6 % Erkrankungsfälle auf Geimpfte, dagegen 60 % und mehr auf Nichtgeimpfte entfielen.

Starke Differenzen in der Pockenmortalität treten ferner hervor, wenn dasselbe Land vor und nach der Einführung des Impfzwangs verglichen wird. Da aber hierbei der Einfluß der Durchseuchung möglicherweise die Zahlen beeinflussen könnte, ist es noch richtiger, verschiedene Länder und Städte von ungefähr derselben Bevölkerungsziffer und dem nämlichen Kulturzustand zu vergleichen, und zwar einerseits solche, in welchen der Impfzwang besteht, anderseits solche, bei welchen die Impfung höchstens fakultativ eingeführt ist. Dabei zeigte sich in den vor und nach dem deutschen Impfgesetz liegenden Zeiträumen, daß in den Ländern und Städten ohne Impfzwang (Österreich, Prag) die frühere hohe Pockenmortalität sich erhielt, während sie in den angrenzenden Ländern und Städten mit Impfzwang (Preußen, Dresden) enorm reduziert wurde (s. nachstehende Tabelle).

Pockensterblichkeit auf 100 000 Einwohner.

Jahr	Preußen	Österreich	Dresden	Prag	Jahr	Preußen	Österreich	Dresden	Prag
1865	43,8	22,8	2,0	21,0	1880	2,6	64,7	3,6	290,2
1866	62,0	35.9	7,9	25.4	1881	3,6	81,4	2,7	64,6
1867	43,2	46.9	28,5	83,9	1882	3,6	94,8	1,3	57,8
1868	18,8	35,5	38,0	26,9	1883	2,0	59,2	0,9	225,5
1869	19,4	35,2	1,8	19,0	1884	1,4	50,8	0,4	359,9
1870	17,5	30,2	8,9	26,4	1885	1,4	60,1	1,2	57,3
1871	243,2	39,2	326,6	15.0	1886	0,5	38,2	0	55,5
1872	262,4	189,9	84,1	396,5	1887	0,5	41,7	0	84,9
1873	35.6	314,7	13,0	281,6	1888	0,3	61,5	0	250,0
1874	9,5	174,3	4,2	30,0	1889	0,5	53,7	0	118,3
1875	3 6	57,6	2,6	10,9	1890	0,1	24,9	0,4	1,2
1876	3,1	40,2	0.5	78,4	1891	0,1	28,7	0	36,1
1877	0,3	54,5	0 9	395,8	1892	0,3	25,6	0	101,4
1878	0,7	61,6	0	86,8	1893	0,4	14,9	0	39,0
1879	1,3	51,7	1,9	84,4	1894	0,3	...	0	0,9

Die früheren deutschen Impfgesetze waren keineswegs geeignet, einen vollen Impfschutz zu erzielen; namentlich bestand früher kein Revaccinationszwang, und es ist längst bekannt, daß eine einmalige Impfung nicht für Lebenszeit Schutz gegen Pockenerkrankung gewähren kann. Deutlich ersichtlich wird diese Differenz durch einen Vergleich der Pockenerkrankungen in Preußen einerseits beim Zivil, anderseits beim Militär, bei dem bereits seit dem Jahre 1834 Revaccinationszwang bestand.

Erst das am 8. April 1874 in Kraft getretene Reichsimpfgesetz führt den Revaccinationszwang ein. Aus den Erfahrungen der letzten Jahre ergibt sich nunmehr, daß geradezu ein völliges Erlöschen der Pockenepidemien eingetreten ist. 1909 in Deutschland 247 Erkrankungen, 26 Todesfälle; 1910 235 Erkrankungen, 33 Todesfälle; darunter etwa die Hälfte zugereiste Ausländer; nur während des letzten Krieges, in der 1. Hälfte 1917, noch eine Epidemie von 2115 Erkrankungen, hauptsächlich in Schleswig-Holstein, durch wolhynische Ansiedler eingeschleppt.

Anderseits sind keine schwereren und unvermeidlichen Gesundheitsstörungen mit der Schutzimpfung verbunden. Normalerweise bewirkt die Impfung nur die oben geschilderte lokale Reaktion und eine sehr geringe Störung des Allgemeinbefindens.

Früher sind allerdings auch schwere Schädigungen durch die Impfung beobachtet. Erstens können menschliche Kontagien durch die Lymphe, die von einem Impfling abgenommen ist, auf andere Impflinge übertragen werden. Infektion mit Syphilis hat in etwa 700 gutbeglaubigten Fällen stattgefunden. Die Möglichkeit einer ähnlichen, wenn auch sehr seltenen Übertragung muß z. B. auch für Tuberkulose zugegeben werden.

Zweitens Wundinfektionskrankheiten, und zwar am häufigsten Erysipel, das entweder (als sog. Früherysipel) am 1.—2. Tage nach der Impfung, gewöhnlich gleichzeitig bei mehreren Kindern, auftrat und auf virulente Streptokokken zurückzuführen war, die durch die Hand des Arztes, die Impflanzette, andere Utensilien bzw. durch die verwendete Lymphe in die Impfwunde gelangt waren; — oder es trat ein sog. Späterysipel ein am 5.—12. Tage, nachdem die Pusteln bereits aufgebrochen oder aufgekratzt waren. In diesem Falle waren aus der Umgebung des Kindes durch Berührungen, Wäschestücke usw. Erysipelkokken in die Wunde gelangt.

Drittens hat man wohl behauptet, daß allgemeine Ernährungsstörungen, namentlich Skrofulose, infolge der Impfung auftreten. Diese Behauptung wird vielfach übertrieben. Die Impfung geschieht gewöhnlich in einem Alter, in welchem die ersten skrofulösen Symptome zum Vorschein zu kommen pflegen und es ist daher unausbleiblich, daß diese Koinzidenz von nicht streng objektiven Beobachtern als Beweis für einen ätiologischen Zusammenhang angesehen wird. Allerdings werden von zahlreichen Ärzten leichtere derartige Ernährungsstörungen als Folgen der Impfung anerkannt. Empfehlenswert ist es jedenfalls, Kinder, bei welchen Verdacht auf beginnende Skrofulose besteht, für ein Jahr von der Impfung zurückzustellen und erst zu impfen, nachdem die skrofulösen Symptome auch für die Angehörigen bereits manifest geworden sind. Kinder mit

Ekzemen sollten schon deshalb nicht geimpft werden, weil bei ihnen leicht Pustelinhalt auf wunde Hautstellen geraten und ausgedehnte Pustelbildung, unter Umständen sogar tödliche Erkrankung, hervorrufen kann.

Die Vorschriften des neuen Reichsimpfgesetzes gewähren indes nahezu vollkommene Sicherheit gegen diese Gefahren.

Um die Lymphe von Kontagien frei zu halten, ist jetzt durchweg der humanisierten Lymphe animale Lymphe substituiert, welche in Staatsinstituten unter besonderen Vorsichtsmaßregeln gewonnen wird; nach den „Beschlüssen des Bundesrats zur Ausführung des Impfgesetzes“ vom 22. März 1917 ist die Impfung sowohl bei öffentlichen als auch bei Privatimpfungen nur mit Tierlymphe vorzunehmen; alle früher gestatteten Ausnahmen sind aufgehoben.

Aus den Vorschriften für die „staatlichen Anstalten zur Gewinnung von Tierlymphe“ sei hervorgehoben, daß junge Rinder oder Kälber von mindestens 3, womöglich 5 Wochen benutzt werden sollen; dieselben sind vor der Impfung vom Tierarzt zu untersuchen. An den gesund befundenen Tieren wird die Impffläche (Unterbauch, innere Schenkelflächen) rasiert, mit Seife und warmem Wasser gereinigt, mit 1 Promille Sublimatlösung oder Karbolwasser desinfiziert und das Desinfiziens mit sterilem Wasser wieder entfernt. Die Impffläche wird dann mit zahlreichen Schnitten versehen und in diese humanisierte oder animale Lymphe eingebracht. Bei Benutzung der humanisierten Lymphe als Impfstoff erhält man die sog. Retrovaccine; dieselbe wird dem durch Weiterimpfen der animalen Lymphe gewonnenen Impfstoff vielfach vorgezogen, weil dieser sich leicht abschwächen soll. Doch scheint die Abschwächung durch Benutzung älterer Kälber und Auswahl der besten, schon am 4. Tage entwickelten Impfpusteln vermeidbar. Neuerdings ist auch Kaninchenpassage (Lapine) zur Kräftigung abgeschwächter Kälberlymphe empfohlen worden. — „Originäre“ Lymphe, von zufällig auftretenden (d. h. durch geimpfte Kinder übertragenen) natürlichen Kuhpocken herrührend, bietet selbstverständlich keine besonderen Vorteile. Dagegen ist Impfung der Kälber mit Menschenblattern zulässig, aber nicht immer empfehlenswert, weil die Gefahr einer Ausstreuung des Pockenkontagiums meist nicht genügend ausgeschlossen werden kann.

Die Kälber werden nach der Impfung vom Tierarzt beobachtet, in besonderem Stall gehalten, und sofort ausrangiert, wenn ihre Temperatur 41,5° übersteigt; außerdem werden sie nach der Lymphabnahme obduziert, und der Tierarzt hat die inneren Organe sorgfältig zu untersuchen.

Die Kälberlymphe wird am 4.—5. Tage abgenommen; da die Pusteln sehr saftarm sind, wird nicht nur der Inhalt derselben entleert, sondern es werden mittels scharfen Löffels oder Lanzette die Pusteln (möglichst blutfrei) abgekratzt. Die gewonnene Masse wird mit 60 % Glyzerin im Mörser oder besser in besonderen (sterilisierten) Mühlen innig verrieben, so daß eine emulsionsartige, graugelbliche, trübe Flüssigkeit entsteht; seltener läßt man nach der Verreibung durch Sedimentieren oder Zentrifugieren die festen Teile abscheiden und benutzt nur die obere, klare Flüssigkeit. Zum Abfüllen und Versenden werden nur sterilisierte Glasgefäße benutzt.

Die frische animale Lymphe enthält stets zahlreiche Bakterien, meist Saprophyten, häufig aber auch pyogene Staphylokokken, seltener Streptokokken. Diese Bakterien snd ohne Einfluß auf die Entwicklung der Pustel und die Entzündungserscheinungen. Gewinnt man die Lymphe durch Desinfektion der Impffläche und ähnliche Maßregeln möglichst keimfrei, so bewirkt das keinen Unterschied; selbst Impfung mit völlig keimfreiem Blut geimpfter Kälber macht unter Umständen die gleichen Reizerscheinungen. Die Bakterien der Lymphe dringen offenbar gar nicht in die tieferen Hautschichten ein, sondern bleiben in der Epidermis; und der Pustelinhalt erweist sich bis zum 7. Tage als steril. Von dem gewöhnlichen Keimgehalt der Lymphe droht daher keine Gefahr; immerhin wird man wünschen müssen, ihn nach Möglichkeit zu verringern, und dazu ist die längere Einwirkung des Glyzerins geeignet. — Um die Lymphe lange haltbar zu machen und namentlich dem raschen Einbüßen ihrer Wirksamkeit in den Tropen zu begegnen, hat man versucht, chemische Mittel anzuwenden, die alle Bakterien abtöten, aber das Vaccine-Kontagium nicht schädigen. Von Fornet ist dazu Ausschütteln mit Äther empfohlen; von Seiffert und Hüne 3% Chinosol; von Geißler $H_2O_2 + CO_2$; von Friedberger ultraviolette Strahlen. Die praktische Verwertbarkeit dieser Methoden ist jedoch noch nicht sicher erwiesen. Gut bewährt hat sich die Herstellung von Trockenlymphe in Pulverform (zum Gebrauch mit Wasser und Glyzerin anzureiben); namentlich aber die Aufbewahrung im Kälteschrank bei etwa —20°. In den Tropen kann auch an Ort und Stelle gewonnene Lymphe von Kaninchen (Lapine), Kamelen usw. in Betracht kommen.

Um die Wundinfektion zu vermeiden, ist in dem Gesetz angeordnet, daß die Impfung nur von Ärzten und durchaus unter aseptischen Kautelen vorgenommen wird. Der Arzt hat seine Hände vor der Impfung zu desinfizieren (Sublimatlösung, Karbolwasser, Alkohol); die Instrumente sind durch Ausglühen (Messer mit Platin-Iridiumspitzen) oder Auskochen keimfrei zu machen.

Der Arm des Kindes ist an der Impfstelle mit einem in 70%igen Alkohol getauchten Wattebausch abzureiben; für jeden Impfling ist ein neuer Wattebausch zu nehmen. Auch ist die Vorschrift, daß die Kinder rein gewaschen und mit reiner Wäsche zum Impftermin kommen müssen, streng zu beachten. — Die Lymphe ist mit keimfreien Instrumenten direkt aus dem Vorratsglas zu entnehmen oder ist von diesem erst auf ein keimfreies (ausgekochtes) Glasschälchen auszugießen, dann aber sorgfältig vor Verunreinigungen zu schützen. Der Impfstoff darf durch Zusätze von Glyzerin, Wasser oder anderen Stoffen nicht verdünnt, übriggebliebene Mengen Impfstoff dürfen nicht in das Gefäß zurückgefüllt und zu späteren Impfungen verwendet werden.

Die Impfung der Kinder erfolgt am Oberarm, bei Erstimpflingen gewöhnlich auf dem rechten, bei Wiederimpflingen auf dem linken Arm. Es genügen 4 seichte Schnitte von ½—1 cm Länge. Die einzelnen Schnitte sollen mindestens 2 cm Abstand voneinander haben. Stärkere Blutungen sind zu vermeiden.

Als Impfmesser benutzt man am besten glatte, leicht zu reinigende Instrumente; z. B. das Impfmesser von Risel. Die Messer sollen nicht zu scharf sein, damit nicht Schnitte mit scharfen Wundrändern, sondern mehr skarifizierte Stellen, die zur Resorption besser geeignet sind, entstehen. — Niemals darf in Impfterminen das Messer, mit welchem die Schnitte gemacht sind, ohne weiteres mit der gemeinsam verwendeten Lymphe in Berührung kommen, da sonst Kontagien von einem Kind auf das andere übertragen werden könnten. Das Messer ist vielmehr vor dem Eintauchen in die Lymphe sorgfältig zu desinfizieren (s. oben). In größeren Terminen benutzt man zweckmäßig zwei Messer, das eine zum Schneiden, das andere zum Auftragen der Lymphe; während das eine benutzt wird, wird das andere desinfiziert; noch praktischer sind die stahlfederartigen Impffedern (Soennecken u. a.), deren billiger Preis es ermöglicht, selbst in großen Terminen für jedes Kind eine neue (schon vorher sterilisierte) Feder zu verwenden.

Ein Schutzverband ist nicht allgemein eingeführt, aber oft wünschenswert. Er kann aus einem einfachen Verband aus steriler Gaze und darüber liegender steriler Watte bestehen, die durch Leukoplast-Streifen fixiert werden. Dicht abschließende Verbände sind nicht zu empfehlen. Namentlich bei Revaccinierten schützt ein Verband die Pusteln einigermaßen vor dem Aufkratzen und vor infizierenden Berührungen; dann aber wird auch Schutz gewährt gegen eine Verbreitung des Vaccinekontagiums z. B. auf ungeimpfte Kinder mit Ekzemen u. dgl., die dadurch schwer erkranken können.

Nach 6—8 Tagen, gewöhnlich am gleichnamigen Tage der folgenden Woche, findet der Nachschautermin statt. Die Erstimpfung hat als erfolgreich zu gelten, wenn mindestens eine Pustel zur regelmäßigen Entwickelung gekommen ist. Bei der Wiederimpfung genügt schon die Bildung von Knötchen oder Bläschen an den Impfstellen.

Trotz aseptischer Ausführung der Impfung und einwandfreier Lymphe kommt es zuweilen zu stärkeren örtlichen Reizerscheinungen; die Röte der Haut und eine gewisse Schwellung erstreckt sich über das ganze Impffeld und noch um mehrere Zentimeter über dasselbe hinaus. Aus den obigen Ausführungen geht hervor, daß für diese Erscheinungen nicht die gewöhnlich in der Lymphe vorhandenen Bakterien verantwortlich gemacht werden dürfen. Die Entzündung wird vielmehr durch das Vaccinekontagium selbst bedingt, und tritt um so stärker hervor, je frischer und konzentrierter die Lymphe ist, namentlich aber je nachdem das geimpfte Kind individuell mehr oder weniger disponiert ist. Daß der letztere Umstand in erster Linie beteiligt ist, geht z. B. aus Versuchen hervor, bei welchen die Lymphe von Pusteln mit starker entzündlicher Reaktion und andererseits von normalen Pusteln auf je einen Arm desselben Individuums verimpft wurde; die auf beiden Armen entwickelten Pusteln zeigten keinen Unterschied, während andere Individuen auch auf die Lymphe aus reizlosen Pusteln stärker reagierten. — Immerhin muß man versuchen, die Reizwirkung der Lymphe möglichst zu mildern. Dies kann in erster Linie dadurch geschehen, daß man die Lymphe vor der Benutzung mindestens 4 Wochen lagern läßt (bei einem Alter über 3 Monate kann indes der Impferfolg nachlassen). Ferner dadurch, daß man nur kleine Mengen Lymphe verwendet und daß man die Schnitte mit möglichst großem Ab-

stand voneinander anlegt. — Durch kühlende Umschläge und Borsalbe pflegen übrigens die Reizerscheinungen bald zurückzugehen.

Wirkliches, fortschreitendes Erysipel wird jetzt eigentlich nur noch beobachtet, wenn die aufgekratzten Pusteln durch die Impflinge selbst oder deren Angehörige infiziert werden. Im Hinblick hierauf ist — abgesehen von dem Schutzverband — die Vorschrift zu betonen, daß Kinder aus einer Umgebung, in der roseartige Erkrankungen vorgekommen sind, nicht zur Impfung gebracht werden dürfen. — Wichtig ist auch der Hinweis der „Verhaltungsvorschriften", daß einer Übertragung des Vaccinekontagiums unter Umständen durch Isolierungsmaßregeln vorgebeugt werden muß. Auch werden die Pflegepersonen des Impflings dringend davor gewarnt, die Impfstellen zu berühren oder die in den Impfpusteln enthaltene Flüssigkeit auf wunde oder mit Ausschlag behaftete Hautstellen oder in die Augen zu bringen. Haben sie gleichwohl die Impfstellen berührt, so sollen sie die Hände sorgfältig waschen.

Der Impfarzt ist verpflichtet, etwaige Störungen des Impfverlaufs und jede wirkliche oder angebliche Nachkrankheit, ferner jede Erkrankung infolge Übertragung des Impfstoffs auf ungeimpfte Personen in der Umgebung des Impflinges, soweit sie ihm bekannt werden, tunlichst genau festzustellen und an zuständiger Stelle sofort anzuzeigen.

War die Impfung ohne Erfolg, so ist dieselbe im nächsten Jahre zu wiederholen. War sie auch zum drittenmal ohne Erfolg, so ist der gesetzlichen Pflicht genügt, der Impfling wird dann als natürlich immun angesehen.

Genaueres über die Technik der Impfung und das Impfgeschäft siehe im Reichsimpfgesetz bzw. den vom Bundesrat dazu erlassenen „Ausführungsbestimmungen".

Das Impfgesetz in seiner jetzigen Gestalt läßt begründete Einwände kaum mehr zu, und die Opposition gegen den Impfzwang, welche noch immer teils von solchen, die in ihrer Familie einen jener bedauerlichen Infektionsfälle erlebt haben, wie sie das frühere Impfreglement zuließ, teils und wesentlich von prinzipiellen Gegnern des gesetzlichen Zwanges genährt wird, sucht vergeblich nach neuen Angriffspunkten. Es ist indes nicht zu vergessen, daß in früherer Zeit wirklicher Grund für eine Opposition vorlag und daß die Verbesserungen, welche in das deutsche Reichsimpfgesetz aufgenommen sind und welche dieses vor allen anderen Impfgesetzen auszeichnet, zu einem Teile der impfgegnerischen Agitation zu danken sind.

2. Scharlach.

Scharlach ist in Europa seit Jahrhunderten allgemein verbreitet; in anderen Kontinenten, namentlich in Asien und Afrika scheinen große Gebiete frei geblieben zu sein. In Europa tritt Scharlach teils in sporadischen Fällen, teils in Epidemien auf. Letztere können dann zustande kommen, wenn seit der letzten allgemeineren Invasion wieder eine ausreichende Zahl von empfänglichen Individuen sich angesammelt hat. Nicht selten bleiben selbst in größeren Städten Zwischenräume von 20

und mehr Jahren zwischen zwei Epidemien. Die Mortalität differiert in den verschiedenen Epidemien erheblich; sie kann 3 % und 30 % betragen.

Das Kontagium ist unbekannt. Die anscheinend mit Erfolg ausgeführte Übertragung des durch Berkefeld-Filter passierten Virus (Zungenbelag) bedürfen noch der Bestätigung. In den Tonsillen, Hautepithelzellen, Leber-, Nierenzellen u. a. finden sich den Guarnierischen Körperchen ähnliche Einschlüsse. Die von Döhle in den Leukozyten gefundenen punktförmigen Körperchen finden sich nicht ausschließlich bei Scharlach.

Über die Infektionsquellen und Transportwege ist wenig Sicheres bekannt. Absichtliche Übertragung von Blut und Hautschuppen Scharlachkranker hat oft im Stich gelassen; anderseits hat man deutliche Ansteckung durch Wäsche, Möbeln usw. beobachtet. Manches spricht dafür, daß Scharlach nicht sowohl im späteren Krankheits- oder im Rekonvaleszentenstadium ansteckt, sondern vorzugsweise im ersten Beginn der Angina durch Einatmung verstreuter Tröpfchen. In späteren Stadien scheint das Kontagium sich durch die Luft nicht zu verbreiten; ist die Verbreitung durch Berührungen des Kranken oder der infizierten Wäsche, Kleider, Gebrauchsgegenstände usw. gehindert, so besteht kaum mehr Infektionsgefahr. In England ist wiederholt Transport des Kontagiums durch Milch beobachtet. — Die individuelle Disposition für Scharlach ist am größten im Alter von 1—8 Jahren, Erkrankungen bei älteren Kindern und bei Erwachsenen sind indes nicht selten. Nicht alle Kinder sind disponiert; oft erkrankt in kinderreichen Familien nur ein Kind. Im allgemeinen befällt Scharlach dasselbe Individuum nur einmal; doch werden Ausnahmen, sogar 3- und 4fache Rezidive, beobachtet. Die Inkubationszeit beträgt gewöhnlich 3—5 Tage. — Eine örtliche Disposition ist nicht nachzuweisen; eine jahreszeitliche Disposition nur in dem Sinne, wie sie für Pocken und die meisten ansteckenden Krankheiten beobachtet wird, nämlich eine geringe Steigerung im Herbst und Winter. — Erfolge mit Schutzimpfung und Serumtherapie sind kaum erzielt; auch Versuche, die gefährlichen Begleiter des Scharlachprozesses, die Streptokokken, durch Serum zu bekämpfen, sind noch nicht abgeschlossen; die Quantität des zu injizierenden Serums ist sehr groß (150—200 ccm), und Mißerfolge häufig. — Die Prophylaxis nach dem preußischen Seuchengesetz wie bei Diphtherie.

3. Masern.

Kontagium unbekannt. Inkubation 10—14 Tage. Frühdiagnose durch die sog. Koplikschen Flecke, kleine weiße Stellen an der Wangenschleimhaut einwärts von den Mundwinkeln; jedoch meist erst 1—2 Tage nach Ausbruch der katarrhalischen Erscheinungen und nicht

konstant. Die Masern treten, wie Scharlach, periodisch in Epidemien auf, wenn eine hinreichende Zahl empfänglicher Individuen zur Zeit der Einschleppung vorhanden ist. — Auch hier zeigt sich eine sehr verschiedene, meist geringe, Mortalität in den einzelnen Epidemien. — Infektionsquellen: Nasenschleim, Sputum, Hustentröpfchen, Hautschuppen, Betten, Wäsche, Kleider. Das Kontagium ist filtrierbar, d. h. Exkrete des Kranken konnten nach der Passage durch Filterkerzen mit Erfolg auf Affen übertragen werden. Es ist gegen Hitze sehr empfindlich, aber im trockenen Zustand lange haltbar; zahlreiche Beobachtungen sprechen dafür, daß es in Form von flugähnlichem Staub in den Wohnungen und Häusern verbreitet werden und daß daher Ansteckung auch bei solchen erfolgen kann, die nicht in die Nähe des Kranken oder in Berührung mit seinen Effekten gekommen sind. Im ersten Stadium der Erkrankung kann besonders leicht Ansteckung erfolgen, vermutlich durch Einatmung der beim Niesen und Husten verschleuderten Tröpfchen. — Die individuelle Disposition ist sehr ausgedehnt; nach langem Intervall seit der letzten Epidemie wird bei erneuter Einschleppung ein sehr hoher Prozentsatz der Menschen ergriffen. Wo öftere Epidemien auftreten, werden vorzugsweise nur Kinder befallen, die Erwachsenen sind größtenteils durch das frühere Überstehen der Krankheit immunisiert. — Lokale Einflüsse fehlen; jahreszeitlich ist eine Zunahme der Frequenz im Herbst und Winter zu verzeichnen. — Die Prophylaxis kann wenig leisten. Isolierung des Kranken führt selten zu einem Verschluß aller Transportwege; auch Desinfektion kann nicht viel helfen. Da die Krankheit bei sorgfältiger Behandlung im ganzen günstig zu verlaufen pflegt, sieht man gewöhnlich von prophylaktischen Maßregeln (mit Ausnahme des Verbots des Schulbesuchs) ganz ab; auch das neue preußische Seuchengesetz führt Masern nicht unter den meldepflichtigen Krankheiten auf.

Zu beachten ist, daß Masern nach alter Erfahrung eine Disposition für andere Infektionskrankheiten, namentlich Tuberkulose, hinterlassen. Durch die neueren Feststellungen, daß Masern-Rekonvaleszenten eine verminderte Tuberkulin-Empfindlichkeit besitzen und daß bei ihnen die Phagozytose gegenüber Staphylo- und Streptokokken und gegen Tuberkelbazillen herabgesetzt ist, wird dieses Verhalten verständlich.

4. Fleckfieber (Flecktyphus).

In Irland, Galizien, Rußland, auf der Balkanhalbinsel, an der Nordküste Afrikas, als „Tarbadillo“ auf dem mexikanischen Hochplateau und im Felsengebirge, in manchen Teilen Chinas und Sibiriens endemisch. In Deutschland seit mehreren Jahrzehnten nur noch ganz vereinzelt. Auch während des Krieges 1914/18 keine größeren Epidemien unter der deutschen Bevölkerung.

Die Krankheit verschont fast ganz die Tropen und sucht in der subtropischen und gemäßigten Zone hauptsächlich Länder mit kulturell tiefstehender Bevölkerung oder, bei durchschnittlich höherer Kultur, nur diejenigen Volksschichten heim, die aus Unbildung oder Not Körperpflege und Kleidung vernachlässigen und dauernd (in den Proletariervierteln großer Städte) oder vorübergehend (in Nachtasylen, Kranken- und Armenhäusern, Gefängnissen, auf Schiffen, bei Belagerungen u. a.) eng gedrängt zusammenleben. In der Regel Anstieg der Epidemien während der kühlen Jahreszeit.

Nach einer Inkubation von durchschnittlich 10—14 Tagen hohes Fieber, am 3.—6. Tage roseolaartiges Exanthem, das später durch Blutaustritt inPetechien übergeht. Oft erfolgt schon in diesem Stadium unter schwerem Koma und Konvulsionen der Tod; oft aber erst Ende der 2. oder im Verlaufe der 3. Woche unter sinkender Temperatur und unregelmäßiger Atmung, aber bei vollem Bewußtsein, infolge von Herzschwäche. Mortalität jenseits des 40. Lebensjahres bis 40 %. Obduktionsbefund: Milzvergrößerung, Hyperämie der Leber, Nieren, des Zentralnervensystems; bronchopneumonische Herde; Ekchymosen am Perikard. Histologische Veränderungen: Blasige Auftreibung der Endothelien der kleinsten Gefäße in den Hautroseolen, im Gehirn (bes. Medulla oblongata und Boden des 4. Ventrikels) und in fast allen Organen konsekutive Proliferation der Adventitiazellen, der Zellen der Gerüstsubstanzen mit exsudativ-entzündlichen Prozessen und Leukozyten-Auswanderung. — Nach Heilung fast stets langdauernde Immunität.

Erreger nicht sicher bekannt. Versuche von Nicolle, Ricketts u. a. haben ergeben, daß das Kontagium auf Affen und Meerschweinchen und bei diesen fortgesetzt übertragbar ist; es haftet an den Leukozyten. Filtrierbarkeit zweifelhaft. Experimentell und durch epidemiologische Beobachtungen ist festgestellt, daß die Übertragung nur durch Kleiderläuse erfolgt, die das Virus mit dem Krankenblut aufnehmen und danach vom 4. Tage ab infektionstüchtig sind. In Ausstrichpräparaten solcher Läuse hatten schon früher Ricketts und Wilder, Prowazek u. a. Diplococcen oder Diplobazillen-ähnliche Körperchen gesehen, die da Rocha-Lima 1916 in Läuse-Schnittpräparaten als zarte, feinkörnige Massen in den geblähten Epithelzellen des Magendarmkanals wiederfand und denen er eine gewisse Entwicklung (Streckung und Teilung) zusprach. Ihr Nachweis gelang auch in der Speicheldrüse infizierter Läuse. da Rocha-Lima vermutete in diesen Körperchen den Fleckfieber-Erreger und nannte ihn zu Ehren der oben genannten, an Fleckfieber gestorbenen Forscher Rickettsia Prowazeki. Ähnliche Gebilde sind auch im pathologisch-veränderten Gewebe an Fleckfieber gestorbener Menschen und Tiere nachgewiesen. Auch werden die Körperchen mit Blutserum Fleckfieberkranker spezifisch agglutiniert (Otto). Gleichwohl ist ihre ätiologische Anerkennung vorläufig noch erschwert durch das Vorkommen ganz ähnlicher Körperchen in Läusen,

die an Gesunden oder an mit Wolhynischem Fieber (s. unten) erkrankten Menschen Blut gesogen haben.

Weil und Felix haben in einer kleinen Anzahl von Fällen aus Urin (später auch aus Blut und Fäces) von Fleckfieberkranken verschiedene, zur Proteus-Gruppe gehörige Bazillen gezüchtet, von denen einige durch Fleckfieber-Blutserum in starker Verdünnung agglutiniert werden. Für die praktische Diagnostik wird jetzt allgemein der Stamm X 19 (Weil-Felix) verwendet, der nach dem übereinstimmenden Urteil aller Beobachter nach Ablauf der 1. Krankheitswoche in 50%, zu Beginn der Entfieberung in fast 100% der Fälle positive Reaktion gibt. Auch im bakteriolytischen, Komplementbindungs- und Präzipitierungsversuch wird der X 19 durch Fleckfieberserum spezifisch beeinflußt (Kolle, Friedberger). Trotzdem sprechen epidemiologische und experimentelle Gründe durchaus gegen eine ätiologische Bedeutung der Proteus-Bazillen. Vielleicht handelt es sich um Paragglutination bzw. um eine im Fleckfieberkranken entstandene Proteusvarietät, die längere Zeit bestehende „Pararezeptoren" erworben hat; oder um eine starke unspezifische Vermehrung normaler Agglutinine (Braun).

Bekämpfung. Das Fleckfieber ist als gemeingefährliche, exotische Krankheit in das Reichsseuchengesetz aufgenommen; die Ausführungsbestimmungen sind gemäß den neueren Erfahrungen kürzlich abgeändert worden. Die Bekämpfungs- und Verhütungsmaßregeln müssen in erster Reihe die Vernichtung der Kleiderläuse anstreben.

Die Kleiderlaus (Pediculus vestimenti) bewohnt hauptsächlich die innersten Kleiderschichten ihres Wirts, die sie nur aus Hunger verläßt, um nach der Sättigung sogleich wieder zurückzukehren. Die Eier (Nissen) werden in die Kleidung (bes. Nähte, enge Spalten und Falten), bei starker Verlausung auch an behaarte Körperstellen, abgelegt und mittels einer Kittsubstanz fest mit der Unterlage verklebt. Zur weiteren Entwicklung ist eine Temperatur von mindesten 15—20° C erforderlich. Unter natürlichen Verhältnissen, im Kleiderklima, schlüpfen nach 5—6 Tagen sehr kleine, mit bloßem Auge kaum sichtbare, glashelle Larven aus, die alsbald stechen und Blut saugen. Nach drei Häutungen Kopulation, kurz danach neue Eiablage; Generationsturnus insgesamt ca. 3 Wochen. Die Tiere haben ein sehr starkes Nahrungsbedürfnis, so daß sie bei Zimmertemperatur nach 7—10 Hungertagen absterben. Bei niedrigen Temperaturen halten sie länger ohne Nahrung aus. Auch die Eier bleiben in der Kälte, selbst bei mehrfachem Einfrieren und Wiederauftauen, lange lebensfähig. Dagegen gehen sie in trockener Hitze von 60° in 45, von 80° in 15 Minuten, die Larven und Imagines noch schneller zu Grunde. Strömender Wasserdampf tötet alle Entwicklungsstufen fast augenblicklich ab. Von den üblichen Desinfektionslösungen sind Karbolsäure- und Kresolseifenlösung (5% 1 Stunde) brauchbar; Sublimat wirkt weniger sicher, Formaldehyd ist fast wirkungslos. Von gasförmigen Desinfektionsmitteln sind

Blausäure und schweflige Säure besonders wirksam. Die zahlreichen, zum persönlichen Schutz empfohlenen Streupulver, Einreibungen u. dgl., erweisen sich im Versuch entweder nur in sehr großen Dosen wirksam oder ganz indifferent; kein einziges solches Mittel gewährt vor dem Stich einen sicheren Schutz; höchstens können sie unter Umständen die Plage auf einen erträglichen Grad herabmindern. Hieraus lassen sich für die Entlausungs-Praxis folgende Maßregeln ableiten:

1. Entlausung von Wäsche, Kleidern, Uniformen, Betten usw.
   a) Hitze: Kochen 15 Min.; strömender Wasserdampf in vorhandenen Desinfektionsöfen oder als Dampfstrahl; trockene Hitze in besonderen Heißluft-Apparaten oder in Backöfen (unter Kontrolle der Hitze durch eingelegtes weißes Schreibpapier), oder durch Ausbügeln.
   b) Gasförmige Desinfektionsmittel: Blausäure (2 Vol.-%, 1 Stunde), in gasdichten Kammern, aus Cyannatrium durch Übergießen mit verdünnter Schwefelsäure entwickelt; Schweflige Säure (3 Vol.-%, 6 Stunden), in gleichen Kammern, aus Stangenschwefel, Bomben, Schwefelkohlenstoff oder aus „Salforkose" bzw. „Verminal" (beide CS_2 enthaltend) entwickelt. Dringt schwerer wie Blausäure ein, schädigt empfindliche Farben und feuchte Kleider, macht Metalle blind und hinterläßt lange haftenden Geruch.
   c) Flüssige Desinfektionsmittel: Karbolsäure, Kresolseifenlösung, 5 %, mindestens 1 Stunde.
   d) Aufbewahrung ohne Desinfektionsmittel in dicht schließenden Kisten oder Kammern bei Zimmertemperatur 4 Wochen, bei kühlerer Temperatur mindestens 6 Wochen, behufs Aushungerung der Läuse.

2. Beseitigung und Fernhaltung der Kleiderläuse vom Menschen.
   a) Mechanische Reinigung: In besonderen Entlausungsräumen oder -anstalten gründliche Waschungen, Wannen-, Brausebäder unter Verwendung von Schmierseife; möglichst vollständige Entfernung der Körperhaare, in schweren Fällen auch der Kopfhaare.
   b) Behandlung mit chemischen Mitteln: In Ergänzung der Reinigung: Kopfwaschungen und -verbände mit Sabadillessig, Perubalsam u. ä.; Einreibung der anderen behaarten Stellen (auch nach Entfernung der Haare) mit Kampferöl oder grauer Salbe.
   c) Anlegung neuer oder inzwischen gründlich entlauster Kleider.
   d) Schutzanzüge für Ärzte, Pfleger, Desinfektoren aus glatten Stoffen mit dichtem Schluß bes. um Hals, Hände und Füße.

3. Vernichtung der Läuse in Wohnungen.

   Am besten Blausäure-Räucherungen, jedoch nur von besonders geschultem Personal und unter weitgehenden Vorsichtsmaßregeln ausgeführt.

5. Fünftagefieber (Wolhynisches Fieber).

Während des Krieges 1914/18 zuerst in Wolhynien beobachtet (His, Werner), dann auch in anderen Ländern, bes. häufig in der kälteren Jahreszeit. Ähnliche epidemiologische Verhältnisse, wie beim Fleckfieber, nur keine so schnelle und große Ausbreitung, sondern Beschränkung auf kleinere Herde (Truppenteile, Wohngemeinschaften). — Unter heftigen Kopf- und Glieder- (bes. Schienbein-) schmerzen Fieberanfälle von 1tägiger Dauer in 5tägigen Intervallen. Prognose günstig. — Erreger unbekannt. Übertragung von Menschen auf Tiere nicht sicher gelungen, dagegen von Mensch auf Mensch durch intramuskuläre Injektion von Patientenblut und durch Stich von Läusen, die einige Tage vorher an fiebernden Kranken Blut gesogen hatten. In diesen Läusen finden sich der Rickettsia Prowazeki ähnliche Gebilde (Töpfer), die aber nach da Rocha-Lima nur selten in die Magendarmepithelien eindringen, dort nur gröbere Massen bilden und auch bei gesunden Läusen vorkommen („Rickettsia pediculi"). Immerhin sprechen die epidemiologischen Beobachtungen für eine starke, wenn nicht ausschließliche Beteiligung der Läuse. — Bekämpfungsmaßregeln wie beim Fleckfieber.

6. Poliomyelitis, Kinderlähme (Heine-Medinsche Krankheit).

Die Krankheit, früher nur in sporadischen Fällen als „spinale Kinderlähmung" (Heine) beschrieben, trat vor etwa 3 Jahrzehnten in Skandinavien in größerer Häufigkeit auf und verursachte dort schwere Epidemien, z. B. 1911 6000 Fälle in Schweden. Seit 1907 sind in Nordamerika, Deutschland und Österreich größere Ausbrüche dieser Krankheit vorgekommen, und auch in England, Schottland, Rußland, Frankreich, Belgien und der Schweiz sind gehäufte Fälle beobachtet.

Krankheitsbild: Nach einer von Katarrhen der oberen Luftwege, manchmal auch von Gastroenteritis eingeleiteten und mit Fieber und Pulsbeschleunigung einhergehenden Inkubationsperiode von etwa einer Woche treten Lähmungen auf, die auf spinalen, manchmal auch auf bulbären, pontinen, zerebralen Ursprung deuten, nicht selten auch das Bild der Landryschen Paralyse bieten und entweder zum Tode (10—20 % und mehr, meist am 4.—5. Tage) führen oder sich langsam bessern, häufig unter Hinterlassung dauernder Störungen. Fast stets resultiert eine langdauernde Immunität; im Blutserum konnten noch nach Jahren virulizide Antikörper nachgewiesen werden (Römer).

Die Übertragbarkeit konnte von Wickmann durch Verfolgung einer größeren Epidemie von Fall zu Fall festgestellt und neuerdings experimentell erwiesen werden durch intrazerebrale Übertragungsversuche an Affen (Landsteiner, Levaditi, Flexner). Der Krankheitserreger findet sich im Mund- und Rachensekret (zuweilen im Darminhalt), und zwar nicht nur bei gelähmten Kranken, sondern auch

bei lediglich abortiv Erkrankten, ja sogar bei ihrer gesunden Umgebung. Das Virus passiert Berkefeldfilter, ist gegen Austrocknung und Kälte wenig empfindlich, in Glyzerin lange haltbar. Neuerdings ist der Krankheitserreger von Flexner und Noguchi aus erkrankten Gehirn- und Rückenmarkstücken, die unter streng anaëroben Bedingungen in Aszites-Agar gehalten wurden, in Reinkultur gezüchtet worden. In den feinen Trübungen solcher Röhrchen zeigen sich nach einigen Tagen mikroskopisch sehr zahlreiche, kleinste (0,2 μ), rundlich ovale, zu zweien oder kettenförmig angeordnete, unbewegliche, nach Giemsa violett färbbare Körperchen, die sich bei weiteren Übertragungen vermehren und noch in der 20. Generation im Tierversuch Infektion bewirkten. — Der Transport des Krankheitskeims auf andere Personen findet durch Kontakt oder Hustentröpfchen statt; Verbreitung durch Staub oder Hautschuppen ist nicht ganz auszuschließen. Nach amerikanischen Beobachtungen ist auch Blutübertragung durch Wanzen und namentlich durch die Stechfliege Stomoxys calcitrans (Rosènau) infektiös.

Die individuelle Disposition ist am größten im Alter von 2 bis 10 Jahren, besonders unter 5 Jahren; jedoch geben die höheren Lebensalter bezüglich des Ablaufs eine ungünstigere Prognose. Eine ausgesprochen jahreszeitliche Disposition besteht insofern, als größere Epidemien meist im Spätsommer und Frühherbst (August, September) auftreten.

Zur Schutzimpfung sind verschiedene, zumeist der Pasteurschen Wut-Schutzimpfung nachgeahmte Verfahren empfohlen. Am meisten Anspruch auf praktische Verwendung, weil ganz ungefährlich, hat Römers an Affen erprobte Behandlung mit auf 50° erwärmtem Virus. — Prophylaktisch wird, außer den gleichen Maßregeln wie bei der Genickstarre, die Desinfektion der Stühle anzuordnen sein. Jedoch bereitet die Unsicherheit der Diagnose der gesetzlichen Bekämpfung große Schwierigkeiten.

7. Körnerkrankheit (Trachom, Granulose und ähnliche infektiöse Augenkrankheiten).

Ansteckende Erkrankung der Konjunktiva von chronischem Verlauf. Schon im Altertum bekannt. 1798 aus Ägypten durch französische Truppen weit verschleppt. Jetzt in Deutschland zahlreiche endemische Herde, namentlich in Ost- und Westpreußen, in Posen, auf dem Eichsfelde, im Großwartenberger Kreise usw.

Die Erreger sind nach Prowazek und Halberstädter sehr kleine, nach Giemsa rot färbbare, oft von einem blauen Plastinmantel umgebene, vermehrungsfähige Körnchen, die sie 1907 in den Kon-

junktivazellen Trachomkranker und mit Trachomsekret geimpfter Affen entdeckten und mit den Elementarkörnchen der Variola auf eine Stufe stellten („Trachom-Chlamydozoon"). Indessen finden sie sich fast nur bei frischen Trachomfällen (auch hier nur in einem Bruchteil) und andererseits bei zahlreichen Neugeborenen-Blennorrhöen, manchmal mit Gonokokken, Pneumokokken, Diphtheriebazillen u. a. zusammen, oft aber ohne diese, seltener auch bei Follikulär-Entzündungen älterer Kinder und Erwachsener (manchmal gehäuft als „Schwimmbad-Konjunktivitis" beobachtet). Solche „Einschlußblennorrhöen" verlaufen zwar zunächst mehr oder weniger trachomähnlich, heilen aber nach einiger Zeit fast stets aus. Bemerkenswert ist, daß die Eltern einschlußblennorrhoischer Kinder die gleichen Einschlüsse im Epithel der Urethra und Vagina haben, und ihre Genitalsekrete auf Augen und Genitalien von Affen mit gleichem Erfolge wie die Kindersekrete übertragen werden können. Da diese Erwachsenen und Säuglinge sicher keine Beziehungen zu Trachomkranken hatten, handelt es sich bei ihnen wahrscheinlich um ein besonderes, bisher unerkanntes Virus, das, wie die Gonokokken, seinen primären Sitz in den Genitalien der Eltern hat und intra partum auf die Augen des Neugeborenen übergeht. Für eine Identifizierung des echten Trachoms mit diesen Einschlußaffektionen fehlt es vorläufig durchaus an genügenden Anhaltspunkten (Heymann).

Die Erreger des Trachoms sind sehr wenig widerstandsfähig gegen Austrocknen; sie werden daher nie durch Utensilien auf weitere Entfernung verbreitet, sondern nur durch feuchtes Konjunktivalsekret und damit einigermaßen frisch beschmutzte Finger, Handtücher, Schürzen, Waschgerät, Bettwäsche usw. Auch Fliegen können frisches Sekret auf gesunde Konjunktiven übertragen; bei der indolenten Bevölkerung Ägyptens besorgen die Massen von Fliegen sogar sehr zahlreiche Transporte. — Eine erhebliche Rolle spielt anscheinend die individuelle Disposition; skrofulöse, lymphatische, anämische Individuen werden besonders leicht ergriffen. Die vielfach betonte besondere Disposition der Armen beruht teils auf der größeren Zahl lymphatischer Individuen, teils auf der durch enges Beisammensein, Mangel an Wäsche usw. sehr begünstigten Übertragung des Kontagiums.



Fig. 218. Konjunktivalsekret eines Trachomkranken. In den Epithelzellen gröbere (a) und in Teilung begriffene feinere (b) „Initialkörper", sowie kleinste (c) „Elementarkörper". Daneben polynukleäre Leukozyten und Erythrozyten. 700:1.

Eine örtliche Disposition von sumpfigen Niederungen, Flußdeltas usw. soll

beobachtet sein, dürfte sich aber wohl auf Wohnsitten und Gebräuche oder auf größere Mengen von Fliegen u. dgl. zurückführen lassen.

Die Prophylaxe kann vor allem in der Ermittelung der Trachomkranken, sowie darin bestehen, daß diese einer Behandlung zugeführt werden. In Preußen sind in dem Hauptseuchengebiet Trachomkurse für Kreisärzte und Ärzte eingeführt; letztere halten unentgeltlich öffentliche Sprechstunden und untersuchen in regelmäßigen Zwischenräumen die Schulkinder der öffentlichen Schulen. — Das Preußische Seuchengesetz schreibt für Trachomkranke die Meldepflicht vor. Kranke und krankheitsverdächtige Personen können einer Beobachtung, und Kranke, wenn sie nicht glaubhaft nachweisen, daß sie sich in ärztlicher Behandlung befinden, können zu einer solchen zwangsweise angehalten werden. An Körnerkrankheit leidende Lehrer und Schüler dürfen, solange sie deutliche Eiterabsonderung haben, die Schulräume nicht betreten. — Auch eine Belehrung der Bevölkerung endemischer Trachomgebiete, Sorge für gesonderte Wäsche usw. ist zur Unterstützung der Bekämpfung heranzuziehen.

8. Denguefieber, Pappatacifieber.

Das Denguefieber tritt in weiter Verbreitung in der subtropischen und tropischen Zone epidemisch auf. Die Hauptsymptome sind Fieber, heftige Kopfschmerzen, Exanthem. Todesfälle nicht häufig, aber sehr langsame Rekonvaleszenz. Das Virus passiert Berkefeld-Filter. Übertragung durch Culex fatigans; Bekämpfung richtet sich gegen diese.

Das Pappatacifieber (Dreitagefieber) ist in Dalmatien, Herzegowina, Italien im August und September verbreitet. Es geht mit heftigen Muskel- und Nervenschmerzen einher; ist von kurzer Dauer, aber die Rekonvaleszenz sehr langsam. Das Blut des Kranken bleibt auch nach dem Passieren von Berkefeld-Filtern infektiös. Übertragen durch die nur 1,5—2,0 mm lange Mücke Phlebotomus (4 Arten), deren Brutplätze sich in Mauerritzen und Felsspalten finden und reren natürliche Wirte Eidechsenarten sind. Zur Entwickelung der Erreger in der Mücke sind 8 Tage erforderlich. Die Erkrankung hinterläßt Immunität.

9. Hundswut, Lyssa.

Die Krankheit ist überall verbreitet, außer in England, wo man die Seuche einmal durch energische Maßregeln ausgerottet und durch Hundeeinfuhrverbot sich gegen neue Einschleppung geschützt hat. In Deutschland sind 1886—1901 11 000 Tiere wegen Tollwut getötet; davon entfallen auf die östlichen Provinzen 75 %. Vorzugsweise verbreitet sich die Krankheit von Hund zu Hund; aber auch Katzen, Wölfe werden infiziert und pflanzen die Krankheit durch Bisse fort; außerdem werden Rinder, Schafe, Pferde, Schweine, Ziegen usw. durch Bisse toller Hunde oder Katzen von Lyssa befallen.

Hunde (und andere Tiere) werden entweder von rasender oder von stiller Wut befallen. Der Erkrankung geht eine Inkubationszeit von 3—6, seltener 10 Wochen, zuweilen bis zu 7 Monaten voraus. Noch während der

Inkubationsperiode, bis zum 5. Tage vor Ausbruch der Krankheitssymptome, kann der Speichel der Tiere infektiös sein. Nach 1—3tägigem Prodomalstadium, gekennzeichnet durch abnorme Reizbarkeit und Verdrossenheit, Geschmacksrichtung auf unverdauliche Gegenstände, tritt das 3—5 Tage dauernde maniakalische Stadium ein. Heulende Stimme, Angst, Bewegungsdrang, untermischt mit Wut- und Beißanfällen, sind die hervorstechendsten Symptome; eigentliche Wasserscheu tritt nicht hervor, auch das Geradeauslaufen mit eingezogenem Schwanz ist nicht charakteristisch. Nach diesem Stadium — das übrigens auch ganz fehlen kann — kommt es zum paralytischen Stadium (stille Wut), mit verschiedenartigen Lähmungen und Exitus nach wenigen Tagen.

Beim Menschen dauert die Inkubation 20—40—60 Tage, kann sich aber bis zu 1 Jahr ausdehnen. Bei schweren Verletzungen, ferner bei Kopf- und Gesichtsverletzungen pflegt die Inkubation relativ kurz zu sein. Prodrome von Kopfschmerz, Unruhe, Schlingbeschwerden, Sensationen von der Bißwunde aus. Dann heftige Schlundkrämpfe, namentlich beim Versuch, Wasser zu trinken; Angstanfälle, bis zu Delirien und Tobsucht gesteigert; schließlich Lähmungen; Tod nach 3 bis 6 Tagen. Bißverletzungen von Menschen durch tollwütige Menschen kommen, wenn auch sehr selten, vor; 1902 wurden im Berliner Wutschutzinstitut allein drei Ärzte behandelt, die in dieser Weise infiziert waren.

Die unbekannten Erreger sind, wie durch Tierversuche erwiesen ist, im ganzen Zentralnervensystem, besonders im verlängerten Mark, enthalten; außerdem in den Speicheldrüsen und deren Sekret, auch in Lymphe, Milch usw. Sie sind ziemlich widerstandsfähig; 1 Promille Sublimat vernichtet sie erst nach 2—3 Stunden; 60 ° Hitze in wenigen Minuten; Fäulnis schädigt sie nur äußerst langsam. — Die Virulenz scheint sehr ungleich zu sein; bei gleichen Dosen variiert bei geimpften Kaninchen der Eintritt des Todes zwischen 1 und 13 Wochen. „Straßenvirus", von einem nach zufälliger Infektion eingegangenen Hunde stammend, tötet Kaninchen in der Regel in 2 bis 3 Wochen.



Fig. 219. Negrische Körperchen. 700:1. + die (im Präparat rot gefärbten) Negrischen Körperchen in den (blau gefärbten) Ganglienzellen.

Im Serum immunisierter Menschen und Tiere konnten rabizide Stoffe nachgewiesen werden. Komplementbindungsreaktion versagt.

Einen wichtigen Befund hat Negri 1903 erhoben. Er fand im Gehirn an Lyssa gestorbener Menschen und Tiere, besonders in den großen Ganglienzellen des Ammonshorns und deren Fortsätzen, rund-

liche elliptische oder birnförmige Gebilde von 1—27 μ Durchmesser, oft von wabenartiger Struktur, von Vakuolen durchsetzt, die eine gewisse regelmäßige Anordnung zeigen sollen. Selten findet man dieselben Körperchen auch extrazellulär. Ihr Nachweis gelingt in Ausstrichpräparaten schwierig; leicht dagegen in Schnitten rasch eingebetteter Organstücke (Azeton-Paraffin), Färbung nach Mann oder besser nach Lentz.

Negri war geneigt, diese konstant und ausschließlich bei Lyssa nachweisbaren Körperchen als die Erreger anzusprechen. Dagegen spricht aber, daß sie sich keineswegs überall in virulentem Material finden; z. B. beobachtet man sie fast nie im Rückenmark, obwohl gerade Rückenmark zur Verimpfung hauptsächlich benutzt wird. Ferner läßt sich virulentes Material, ohne daß Virulenzverlust eintritt, durch engporige Filter treiben, die sicher nicht von den Negrischen Körperchen passiert werden können. Vermutlich handelt es sich bei ihnen nur um spezifische Zellveränderungen, ähnlich wie bei Cytoryctes variolae, durch ein, wie Prowazek auch hier annimmt, im Inneren eingeschlossenes Chlamydozoon. Die angeblich gelungenen Kulturen kleinster protozoenartiger Körperchen in Ascites- oder Hydrozele-Flüssigkeit unter anaëroben Bedingungen (Noguchi) bedürfen noch der Bestätigung. — Zweifellos läßt sich aber auf den positiven Nachweis der Negrischen Körperchen die Diagnose Lyssa gründen; und darin liegt ein großer Vorteil namentlich für die Entscheidung darüber, ob eingesandte Köpfe von tollwütigen Hunden herrühren. Nur wenn keine Negrischen Körperchen gefunden werden, ist das Ergebnis als unentschieden anzusehen und durch die Verimpfung des Materials auf Kaninchen Entscheidung herbeizuführen.

Im Ammonshorn solcher Kaninchen fand Lentz neben den Negrischen noch andere ähnliche Körperchen, die sich aber durch besondere Größe, klumpige, basophile Anhäufungen im Innern und durch ihre Lage innerhalb stark degenerierter Ganglienzellen von jenen unterscheiden. Bei Weiterimpfungen nimmt ihre Anzahl im Verhältnis zu den Negrischen Körperchen ständig zu. Lentz betrachtet sie als den morphologischen Ausdruck für die Umwandlung des Straßenvirus in das Virus fixe und nannte sie Passagewutkörperchen.

Prophylaxe. Da es sich bei Lyssa eigentlich um eine den Hunden eigentümliche Epizootie handelt, müssen in erster Linie veterinärpolizeiliche Maßnahmen eingreifen. Dies geschieht durch die Anzeigepflicht für lyssaverdächtige Tiere; Tötung dieser und der von ihnen gebissenen Hunde, Katzen usw.; Hundesperre für 3 Monate für einen Umkreis von mindestens 4 Kilometern. Prophylaktisch kommt Hundesteuer, Maulkorbzwang in Betracht. Je besser diese Maßregeln gehandhabt werden, um so weniger tolle Hunde kommen vor (z. B. in Deutschland 1 toller Hund auf 100 000 Einwohner, in Ungarn 1 : 15 000).

Bezüglich der Tollwut beim Menschen sieht das Preußische Seuchengesetz die Anzeigepflicht nicht nur für die ausgebrochene Krank-

heit, sondern auch für die Bißverletzungen durch tolle und der Tollwut verdächtige Tiere vor. Solche gebissene Personen können als krankheitsverdächtig einer Beobachtung (§ 12 des Reichsgesetzes), an Tollwut Erkrankte einer Absonderung unterworfen werden. — Ausbrennen der Bißwunden mit rauchender Salpetersäure kann höchstens kurz nach dem Biß die Infektion verhüten.

Das mächtigste Schutzmittel gegen den Ausbruch der immer tödlichen Krankheit ist die Vornahme der Pasteurschen Schutzimpfung an den gebissenen Menschen.

Daß diese Schutzimpfung bei Lyssa von Erfolg ist, das ist zunächst an Kaninchen und Hunden ausprobiert; letztere sind nach der Impfung auch bei absichtlicher natürlicher Infektion durch tolle Hunde völlig gesund geblieben. — Schwierig war nur das Herausfinden eines gleichmäßigen, hinreichend abstufbaren Impfstoffs. Pasteurs genialem Blick ist dies in ausgezeichneter Weise gelungen. Pasteur fand, daß beliebiges Straßenvirus durch fortgesetzte Passage von Kaninchen für diese eine bestimmte maximale Virulenz erlangt; die Kaninchen sterben schließlich bereits 7 Tage nach der Impfung (entweder durch Trepanation und Injektion der Rückenmarkverreibung unter die Dura, oder Anbohren des Schädeldachs mittels Drillbohrer und Durchstoßen der Lamina interna mittels starker Kanüle; eventuell auch intramuskulär, weniger sicher intraokulär). Das so erhaltene Virus wird als Virus fixe bezeichnet. Dasselbe wird alsdann abgeschwächt dadurch, daß Rückenmarkstücke in trockener Luft (Gläser mit Kalistücken) bei konstanter Temperatur verschiedenlange Zeit aufbewahrt werden. Es findet dabei nicht eine qualitative Virulenzänderung statt, sondern eine Abnahme der Zahl der Erreger; denn Verdünnungen des virulenten Marks ergeben die gleichen Abstufungen der Virulenz wie die Trocknung der Markstücke. Nach achttägiger Trocknung ist die Virulenz für Kaninchen bereits völlig verschwunden. — Übrigens ist durch die Passage und die Anpassung an das Kaninchen zweifellos auch eine qualitative Änderung eingetreten; denn auch vollvirulentes Virus fixe ist, wie mehrfache Versuche gezeigt haben, für den Menschen ohne Schaden.

Zur Schutzimpfung benutzte man ursprünglich ein Virus fixe, das 12 bis 3 Tage getrocknet war; jetzt ist die Zeit auf 3—1 Tag herabgesetzt. Das getrocknete Virus kann in sterilem Glyzerin bis 14 Tage aufbewahrt werden (Calmette). Ein 1 cm langes Stück 3 Tage getrockneten Rückenmarks wird in 5 ccm Bouillon verrieben und dem zu impfenden Menschen in die Bauchhaut gespritzt. Nach einem bestimmten ausprobierten Schema folgt am nächsten Tage 2 Tage getrocknetes Mark usw. Die ganze Behandlung umfaßt 21 Tage. In schweren Fällen, besonders Kopf- und Gesichtsverletzungen bei Kindern, empfiehlt sich nach Abschluß des ersten Turnus die sofortige Wiederholung. — Die Injektionen werden gut ertragen; schädliche Folgen (myelitische Symptome) sind äußerst selten (40 Fälle auf 100 000 Behandelte) und wohl nur bei besonders durch Lues, Alkohol, nervöse Erregbarkeit usw. Disponierten beobachtet.

Die Resultate sind befriedigend, falls die Behandlung spätestens am 2. Tag nach dem Biß begonnen ist. Bei späterem Beginn, ferner bei schweren Gesichtsverletzungen kommen Mißerfolge vor. Immerhin sind

auch unter der Gesamtzahl der Geimpften Todesfälle sehr selten; von 100 000 in 38 Pasteurinstituten Behandelten starben 0,9 %; dagegen von 15 000 Gebissenen aber nicht Behandelten 9 %. Zählt man nur die von sicher tollen Hunden Gebissenen, so ist der Kontrast zwischen Behandelten und Unbehandelten viel größer.

Die Erfolge sind auf den verschiedenen Pasteurschen Instituten trotz mannigfacher Abweichungen in der Behandlung (in Budapest Hogyes Dilutionsmethode, in Paris Emulsion von fixem Virus in inaktiviertem Antilyssaserum vom Hammel, in Bukarest gleichfalls kombinierte Behandlung in schweren Fällen usw.) etwa die gleichen. Der Schutz dauert in der Regel nur 1—2 Jahre, selten länger. In Preußen besteht ein Pasteursches Institut in Berlin; ein zweites für die besonders heimgesuchten östlichen Provinzen in Breslau.

Anhang.

Die wichtigsten hygienischen Untersuchungsmethoden.

(Die Untersuchung von Milch, Butter und anderen Nahrungsmitteln, von Beleuchtungs- und Lüftungsanlagen, Abwässer usw. s. im Haupttext).

I. Allgemeine Methodik der bakteriologischen Untersuchung.

A. Mikroskopische Untersuchung.

1. Das Untersuchungsmaterial (Eiter, Blut u. dgl., Organstückchen, künstliche Kulturen) kann je nach seiner Konzentration verdünnt oder mit 0,85%iger Kochsalzlösung verdünnt verwendet werden. Über die Präparation von zähflüssigem oder breiigem Material sowie Organstückchen siehe unter 3.

2. Reagenzien: a) Einfache Farblösungen: 1—2 g Gentianaviolett oder Fuchsin oder Methylenblau oder Bismarckbraun in 100 ccm dest. Wasser gelöst; vor jedem Gebrauch frisch filtriert. — Oder man hält sich gesättigte alkoholische Lösungen — in 100 ccm Alkohol 15 g Fuchsin, 7 g Gentianaviolett, 15 g Methylenblau — in Vorrat („Stammlösungen") und setzt davon 20 ccm zu 80 ccm destillierten Wassers.

b) Loefflers Methylenblau. Zu 100 ccm destillierten Wassers gibt man 2 Tropfen einer 10%igen Kalilauge, mischt gut und setzt dann 30 ccm einer gesättigten alkoholischen Methylenblaulösung zu. Vor dem Gebrauch zu filtrieren, haltbar.

c) Karbolfuchsin (Ziehl-Neelsensche Lösung): 100 ccm 5%iger Karbolsäure und 10 ccm gesättigte alkoholische Fuchsinlösung werden gemischt. Die klare Lösung hält sich sehr lange gebrauchsfähig. Außer der konzentrierten Lösung wird auch die 10fach verdünnte vielfach benutzt.

d) Anilinwassergentianaviolett: 5 ccm Anilinöl werden mit 100 ccm destillierten Wassers einige Minuten kräftig geschüttelt, dann durch ein angefeuchtetes Filter filtriert; in 100 ccm des klaren Filtrats wird 1 g Gentianaviolett gelöst; oder man fügt zu 100 ccm Anilinwasser 11 ccm konzentrierte alkoholische Gentianalösung. Erst nach 24stündigem Stehen wird die Lösung unter Absetzen eines Niederschlages völlig klar und soll erst dann (nach Filtration) benutzt werden.

e) Pikrokarmin nach Weigert: gebrauchsfertig von Grübler & Co., Leipzig, zu beziehen.

f) Eosin: 2 g in 100 ccm 96%igem Alkohol lösen und zum Gebrauch mit 96%igem Alkohol 1 + 4 verdünnen.

g) Jodjodkaliumlösung nach Gram: 1 g Jod und 2 g Jodkalium in 10 bis 20 ccm destillierten Wassers lösen, dann bis 300 ccm mit destilliertem Wasser nachfüllen.

Ferner: 60%iger und 96%iger Alkohol. — Salzsaurer Alkohol: 100 ccm 90%iger Alkohol + 20 Tropfen konzentrierte Salzsäure. — Essigsäure: 0,5—1%ige wäßrige Lösung. — Xylol. — Kanadabalsam, am bequemsten in Blechtuben von Grübler & Co., Leipzig.

3. Anfertigung von Deckglas-Präparaten.

a) Ungefärbte Präparate. Von Flüssigkeiten wird, evtl. nach Verdünnung mit 0,85%iger Kochsalzlösung, ein Tröpfchen auf den Objektträger gebracht, ein Deckglas aufgelegt und bei enger Blende das Präparat durchmustert.

Sollen Kulturen auf festem Nährboden oder Organe untersucht werden, so bringt man zunächst auf den Objektträger ein Tröpfchen 0,85%iger Kochsalzlösung. Dann entnimmt man mit geglühtem Platindraht eine kleine Menge der Kultur oder ein kleines Partikelchen des Organs und zerreibt dasselbe in der Kochsalzlösung, legt ein Deckglas auf und untersucht.

Soll die Beobachtung von Mikroorganismen in ungefärbtem, lebendem Zustande längere Zeit fortgesetzt werden, so geschieht dies „im hängenden Tropfen". In die Mitte eines gut gereinigten Deckgläschens wird ein kleiner Tropfen der zu untersuchenden Flüssigkeit gebracht, sodann auf das Deckgläschen ein Objektträger mit Hohlschliff, dessen Rand mit Vaseline umzogen ist, aufgedrückt, so daß das Deckglas fest an dem Objektträger haftet. Nach dem Umdrehen des Präparates hängt der Tropfen, vor Verdunstung geschützt, in der Höhlung des Objektträgers. Handelt es sich um die Untersuchung von Kulturen auf festem Nährboden, so bringt man einen Tropfen 0,85%iger Kochsalzlösung oder neutrale Bouillon auf das Deckgläschen, impft ihn mit der geglühten Platinnadel am Rande mit einer Spur Kulturmasse und verfährt dann wie oben. Besichtigung im abgedunkelten Gesichtsfeld (tiefstehender Kondensor bzw. enge Blende).

b) Gefärbte Präparate. Von Flüssigkeiten entnimmt man mit der Platinöse ein kleines Tröpfchen, bringt es in die Mitte des reingeputzten Deckglases und breitet es mit Hilfe des Platindrahtes in möglichst dünner Schicht aus.

Von zähflüssigem oder breiigem Material, z. B. Sputum, entnimmt man ein kleines Partikelchen und bewirkt die Verteilung in dünner Schicht auf dem Deckglas entweder ebenfalls mit Hilfe des Platindrahtes oder, wo dieses nicht angängig, in der Weise, daß man die Partikelchen zunächst auf die Mitte eines Deckglases bringt, dann ein anderes Deckglas auflegt und andrückt und nun die beiden Deckgläser in horizontaler Richtung auseinanderzieht. Bei härteren Partikeln sind hierzu Objektträger zu verwenden.

Aus Organen (Leber, Milz, Lunge, Niere) entnimmt man mit geglühter Pinzette ein kleines Stückchen von einer frischen Schnittfläche und wischt damit einige Male über das Deckglas (Ausstrichpräparat).

Zur Untersuchung von Kulturen auf festem Nährboden bringt man zunächst auf die Mitte des Deckglases ein ganz kleines Tröpfchen Koch-

salzlösung mit Platinöse; entnimmt dann mit der Spitze eines geglühten Platindrahtes eine *sehr kleine* Menge der Kultur und verteilt diese in dem Flüssigkeitstropfen. Der Tropfen wird dabei in sehr dünner Schicht über die Oberfläche des ganzen Deckglases ausgebreitet.

Die so hergestellte dünne Ausbreitung irgendeines beliebigen zu untersuchenden Materials muß nun zunächst vollständig *lufttrocken* werden. Am besten erreicht man dies dadurch, daß man das Präparat mit der bestrichenen Seite nach oben auf den Tisch legt und ruhig trocknen läßt. — Soll das Antrocknen etwas beschleunigt werden, so erwärmt man das Deckglas gelinde, indem man es zwischen den Fingern ca. 40 cm über der Spitze der Flamme hin -und herbewegt. Keinesfalls darf dieses Erwärmen so stark sein, daß die auf dem Deckglas befindliche Flüssigkeit heiß wird oder gar anfängt zu sieden.

Die angetrocknete Schicht muß nun noch auf dem Deckglas *fixiert* werden, damit sich dieselbe bei der nachfolgenden Behandlung mit Farbstoff- und Waschflüssigkeiten nicht wieder ablöst. Es geschieht dies durch *starkes Erwärmen* der Schicht. Während das *nasse* Präparat nicht erhitzt werden darf, verträgt das *trockene* Präparat relativ hohe Hitzegrade, ohne daß die Zellen und Bakterien eine Formveränderung erleiden.

Am sichersten wird die Fixierung erreicht, indem man die lufttrockenen Deckgläser im Trockenschrank 2—10 Minuten auf 120—130° erhitzt. — Für die meisten Fälle aber genügt folgendes Verfahren: Man faßt das Deckglas mit einer Pinzette und zieht es, die bestrichene Seite nach oben, dreimal in horizontaler Richtung durch die Flamme eines Bunsenbrenners, etwa mit der Schnelligkeit, „mit der man Brot schneidet". Es ist dazu etwas Übung erforderlich, damit das Durchziehen weder zu langsam (dann verbrennt das Präparat), noch zu schnell geschieht (dann wird keine Fixation erreicht). Für empfindlichere Präparate empfiehlt sich Einlegen in Äther-Alkohol $\overline{aa}$ 5—10 Min., oder in Methylalkohol 1—2 Min.

Das so präparierte Deckglas wird nunmehr gefärbt. Man gibt mit einer Tropfpipette einige Tropfen Farblösung darauf und läßt dieselbe einige Minuten einwirken; oder man läßt das Glas auf der in Schälchen gegossenen Farblösung schwimmen. — Will man die Färbung *verstärken* oder *beschleunigen*, so faßt man das Deckglas mit der Pinzette und erwärmt es über der Flamme so lange, bis die Farbflüssigkeit anfängt zu dampfen.

Hat der Farbstoff lange genug eingewirkt, so wird derselbe mit Wasser gut abgespült. Dann legt man das Deckglas mit der Präparatseite nach oben auf ein Blatt Filterpapier und drückt einen Objektträger so auf, daß das Deckglas an letzterem haftet. Von der oberen Fläche des Deckglases sind noch die letzten Spuren Wasser durch Abtupfen mit einem Bäuschchen Filterpapier zu entfernen. Dann setzt man einen Tropfen Immersionsöl darauf und untersucht bei hellstem Licht (hochstehender Kondensor, offene Blende).

Ist das Präparat gelungen und soll dasselbe aufbewahrt werden, so wischt man zunächst das Öl von der Oberfläche des Deckglases ab und bringt mit einem Glasstabe rings um dasselbe auf den Objektträger reichlich Wasser. Das Deckglas wird bald auf dem Wasser schwimmen und kann dann, ohne daß das Präparat beschädigt wird, vom Objektträger abgezogen werden. Darauf

legt man das Deckglas zwischen zwei Blätter Filterpapier und drückt sanft an, um das Wasser aufzusaugen; schließlich läßt man das Deckglas an der Luft vollends trocken werden. Die Trockenheit muß eine absolute sein, da sonst mit dem Kanadabalsam Trübungen entstehen. Nachdem man dann auf den Objektträger einen kleinen Tropfen Kanadabalsam (der eventuell mit Xylol zu verdünnen ist) gebracht hat, drückt man das Deckglas vorsichtig auf, so daß sich der Balsam bis zum Rande verbreitet. In diesem Zustand muß das Präparat 8—14 Tage liegen bleiben, bis der Kanadabalsam erstarrt ist und der Überschuß mit dem Messer und Nachwischen mit Xylol entfernt werden kann.

Für Sputum, Eiter usw. ist es oft einfacher, die Präparate auf dem Objektträger anzufertigen. Technik wie oben, nur beim Fixieren in der Flamme die Schicht nach unten halten. Öltropfen direkt auf das fertige Präparat. Vor dem Aufbewahren Öl abwischen, Kanadabalsam und dünnes Deckglas.

4. Behandlung von Schnitten. Die Organstücke werden entweder mittels Gefriermikrotoms frisch geschnitten und gefärbt; oder erst in Alkohol bzw. einem Gemisch von 30,0 Chloroform, 10,0 Eisessig und 60,0 Alkohol (96%ig) einige Stunden aufbewahrt, dann 4—6 Stunden in 96%igem Alkohol unter 2stündigem Wechsel desselben nachgehärtet und in Paraffin eingebettet. Die Stückchen kommen zunächst auf ca. 1 Stunde in Xylol, sodann auf einige Stunden in ein Gemisch von Xylol und Paraffin (vom Schmelzpunkt 51^0) $\overline{aa}$, das man durch Einstellen in den Brütschrank (37^0) flüssig hält, hierauf in reines, gleichfalls dauernd flüssig zu haltendes Paraffin auf mindestens 2 Stunden. Sodann füllt man ein Deckglasschächtelchen mit flüssigem Paraffin, bringt das paraffindurchtränkte Organstückchen hinein und läßt nun das Paraffin in einer Schale mit kaltem Wasser schnell zu einem festen Block erstarren, den man dann von der Schachtel befreien, für das Mikrotomtischchen passend zurechtschneiden und auf demselben durch etwas zwischengebrachtes flüssiges Paraffin befestigen kann.

Die Schnitte können in Spiritus gebracht und unbeschadet ihrer Färbbarkeit lange darin aufbewahrt oder sogleich auf Objektträger aufgeklebt werden. Hierzu bringt man sie zunächst auf ¼ Stunde in Xylol, sodann auf einige Minuten in 90%igen Alkohol, dann in warmes Wasser von 45^0 C, wo sie sich flach ausbreiten und leicht auf einem untergeschobenen Objektträger aufgefangen werden können. Man entfernt nun vorsichtig rings um den Schnitt und von der Unterseite des Objektträgers das überschüssige Wasser mit Fließpapier und läßt den Rest des Wassers durch Einlegen des Objektträgers in den Brütschrank (37^0) auf 24 Stunden verdunsten, wobei eine zur Vornahme nachfolgender Färbungen ausreichende Fixierung des Schnittes erreicht wird.

Für die Färbung wählt man die dünnsten, wenn auch kleinen Schnitte aus. Man faßt dieselben mit einer rechtwinklig gebogenen Glas- oder Platinnadel und überträgt sie direkt aus dem Alkohol in die Färbeflüssigkeit. Nachdem der Farbstoff die vorgeschriebene Zeit eingewirkt hat, fischt man die Schnitte mit derselben Glas- und Platinnadel wieder heraus und überträgt sie in die Entfärbungsflüssigkeit, wo sie mit der Nadel etwas hin- und herbewegt werden. Ist die Entfärbung vollendet, so überträgt man mit der Nadel den Schnitt in ein Schälchen mit nicht zu wenig reinem Alkohol, um das Wasser zu entziehen. Nach 5 Minuten überträgt man den Schnitt in Xylol oder erst in Nelkenöl und dann in Xylol. Hier

breitet er sich von selbst aus und wird bald durchscheinend. Nach 1 Minute schiebt man einen Spatel unter den Schnitt und hebt ihn vorsichtig aus dem Xylol, wobei darauf zu achten ist, daß er auf dem Spatel glatt, ohne Falten und Knicke liegt. Nunmehr setzt man den Spatel mit seiner vorderen Kante auf die Mitte eines reinen Objektträgers und zieht den Schnitt langsam mit der Nadel herüber. Er soll dann auch hier glatt ausgebreitet liegen. Mit Filterpapier saugt man das überschüssige Xylol sorgfältig ab, gießt dann auf den Schnitt einen Tropfen Kanadabalsam und legt das Deckglas auf.

5. Spezielle Färbemethoden. 1. Gramsche Methode. Die Ausstrichpräparate auf Deckgläsern bzw. die Schnitte kommen 2 Minuten in Anilinwassergentianalösung, dann (ohne vorher abzuspülen) in Jod-Jodkaliumlösung vgl. S. 532). In dieser Lösung bleiben sie 2 Minuten, werden dann ½ Minute in 96%igem Alkohol (evtl. unter Erneuerung desselben) bewegt, bis sie farblos oder blaßblau erscheinen. Dann Balsam bzw. Xylol, Balsam. — Die Bakterien treten im Präparat schwarzblau gefärbt auf farblosem Grund hervor. Statt des 96%igen Alkohols verwendet man mit Vorteil auch eine Mischung von Alcohol. absolut. + 10—13 Volumprozent Azeton (Nicollesche Modifikation).

Sollen die Zellkerne des Gewebes mit einer Kontrastfarbe (rot) gefärbt werden, so legt man die Schnitte vor der Gramschen Färbung einige Minuten in Wasser, dann 30 Minuten in Pikrokarminlösung; dann Auswaschen in Wasser, darauf in Alkohol und von da in die Gentianalösung wie oben. — Bei Ausstrichpräparaten auf Deckgläsern gelingt die Gegenfärbung auch dadurch, daß man die nach Gram fertig behandelten Deckgläser in dünne alkoholische Eosinlösung taucht, in Alkohol abspült und trocknet.

Anwendbar auf: Eiterkokken, Diploc. pneumoniae, Micr. tetragenus; Milzbrand-, Diphtherie-, Mäusesepsis-, Schweinerotlauf-, Tuberkel-, Leprabazillen; Actinomyces, Gasbrandbazillen. — Es färben sich nicht nach dieser Methode: Typhus-, Coli-, Rotz-, Influenza-, Pest-, Hühnercholera-, Cholerabazillen; Gonokokken, Meningokokken; Rekurrensspirillen; teilweise Tetanus-, Gasödembazillen.

2. Doppelfärbung nach Weigert (für Schnitte). Die Schnitte zunächst auf 5 Minuten in Gentianalösung, dann Abspülen in Alkohol, den Alkohol durch Eintauchen in destilliertes Wasser entfernen; darauf für 1—24 Stunden in Pikrokarminlösung, Auswaschen in Alkohol, Nelkenöl, Xylol, Balsam. Die Mikroorganismen erscheinen blau, die Zellkerne rot. — Sehr geeignet für Milzbrand, Mäusesepsis, Schweinerotlauf usw.

3. Kapselfärbung (nach Johne): Die Präparate werden mit 20%iger wäßriger Gentianaviolettlösung unter Erwärmen 1—2 Minuten lang gefärbt, dann in Wasser abgespült. Darauf wird 6—10 Sekunden lang in 1—2%iger Essigsäure entfärbt, in Wasser abgespült und dann untersucht. (Kanadabalsam läßt die Kapsel fast verschwinden.)

4. Sporenfärbung. Die Bedingungen reichlicher Sporenbildung und -reifung sind vorher für die betreffende Bakterienart und Kultur zu bestimmen und das Material ist vor Anfertigung eines gefärbten Präparates im hängenden Tropfen auf seinen Gehalt an Sporen zu prüfen. Sodann Deckglas reichlich mit Kulturmasse von der Oberfläche oder den Randpartien beschicken, trocknen, fixieren (Milzbrand dreimal durch die Flamme ziehen, Subtilis zehnmal usw.,

für die einzelnen Bakterienarten verschieden); dann Einlegen in frische, dampfende Anilinwasser-Fuchsinlösung (100 Anilinwasser + 11 ccm konz. alkohol. Fuchsinlösung), vorsichtig bis zur Blasenbildung erhitzen, dann absetzen und kurze Zeit warten, dann wieder bis zur Blasenbildung erhitzen usf. im ganzen 5—10 Minuten; dann kurz eintauchen in absoluten Alkohol und Abspülen in 60%igem Alkohol, bis das Präparat Rosafärbung zeigt. Abtrocknen mit Fließpapier; Nachfärben mit wäßriger Methylenblaulösung 1—2 Minuten; Abspülen in Wasser, trocknen, Kanadabalsam. — Oder: das wie gewöhnlich fixierte Präparat 5 Min. beizen mit 5 % Chromsäure; abspülen und trocknen; 2 Min. färben mit conc. Anilinwasser-Fuchsin unter Erhitzen; abspülen; entfärben 5 Sek. mit 5 % Schwefelsäure; abspülen; ½ Minute verd. Methylenblau.

5. Geißelfärbung nach Peppler. Reinigung der Deckgläser. Die Deckgläser bzw. Objektträger werden in einer Porzellanschale mit einer 5%igen Kaliumpermanganatlösung unter öfterem Umrühren mit Holzstab ½ Stunde gekocht. Die Flüssigkeit wird abgegossen und die Schale kommt unter die Wasserleitung, bis das Spülwasser ungefärbt abläuft, dabei muß öfter umgerührt und geschüttelt werden, damit die aufeinander liegenden Deckgläser gut gespült werden. Nach Beseitigung des Spülwassers werden sie unter dem Abzug ½ Stunde in einem Teile Salzsäure und vier Teilen destilliertem Wasser gekocht, abgegossen und so lange gespült, bis sich das Lackmuspapier nicht mehr rötet. Nun drei- bis viermal in 90%igem Alkohol spülen, Deckgläser mit Pinzette herausholen, den Alkohol etwas abtropfen lassen und senkrecht in der Flamme abbrennen. In Glasschalen vor Staub geschützt aufbewahren. Auch trüb gewordene Deckgläser liefern noch gute Präparate. — Beize. Einer durch gelinde Erwärmung im Wasserbade bereiteten und auf 20° abgekühlten Lösung von 20,0 Tannin in 80,0 destilliertem Wasser werden 15,0 einer wäßrigen schwefelsäurefreien Chromsäurelösung 2,5 : 100,0 langsam in kleinen Portionen unter fortwährendem Umschütteln zugefügt. Nach 4—6tägigem Stehen bei Zimmertemperatur nicht unter 18° oder bei kalter Jahreszeit entsprechend weniger lange im Brütschrank von 20° wird die Beize durch doppeltes Faltenfilter filtriert, wobei starke Abkühlung zu vermeiden ist. Die fertige Beize ist eine klare, dunkelbraune Flüssigkeit, welche, ohne an Beizkraft zu verlieren, mit der Zeit einen geringen, an der Glaswand haftenden Niederschlag ausfallen läßt. Sie wird bei Zimmertemperatur verschlossen aufbewahrt und vor Gebrauch filtriert. — Farbstofflösung. Karbolgentianalösung: konzentr. alkohol. Gentianaviolettlösung (5 : 100,0) 10,0, Acid. carbolic. liquef. 2,5, Aq. dest. ad. 100,0. Die Lösung bleibt einige Tage ruhig stehen und wird ohne zu schütteln filtriert; oder konz. alkohol. Fuchsinlösung 10,0, Acid. carbolic. liquef. 2,5, Aq. dest. ad 100,0. — Anfertigung des Präparates: Man entnimmt drei Deckgläschen mit der Pinzette und versieht Nr. 1 u. 2 mit je einem Tropfen Leitungswasser, impft den Tropfen Nr. 1 mit einer Spur Kulturmasse (junge Kultur, Typhus 12stündig) und bringt hierauf von Nr. 1 eine kleine Öse zum Tropfen 2 und hiervon wiederum eine kleine Öse auf das noch leere Deckglas 3, auf dem das Tröpfchen sehr vorsichtig ohne Reiben etwas ausgebreitet wird. Nachdem dasselbe lufttrocken geworden ist, hält man (zur Fixierung) einen in der Flamme des Bunsenbrenners erwärmten Objektträger in einer Entfernung von 2—3 cm ½—1 Minute über das Präparat und übergießt es dann mit filtrierter

Beize. Nach 10—15 Minuten das Deckgläschen (beiderseits!) mit einem Strahl Wasser abspülen und das Wasser von selbst abfließen lassen (nicht zwischen Fließpapier abtrocknen!). Darauf für 5 Minuten in die Farblösung (ohne Erwärmen), dann wie oben abspülen mit Wasser, letzteres möglichst ablaufen lassen und vorsichtig hoch über der Flamme völlig trocknen.

Oder nach Zettnow: Die Beize wird hergestellt durch Auflösen von 10 g Tannin in 200 g Wasser, erwärmen auf 50—60°. Dann werden 36—37 ccm einer Lösung von 2 g Tartarus stibiatus in 40 g Wasser zugefügt und wieder erhitzt, bis sich der Niederschlag löst. Ist die Trübung der erkalteten Beize sehr stark, so muß Tannin zugesetzt werden, ist die Beize klar, etwas Tart.-Lösung. Die Beize soll keinen Bodensatz bilden, und beim Erhitzen völlig klar werden. Sie wird heiß und klar angewendet. — Als färbende Flüssigkeit dient Äthylaminsilberlösung. Diese wird hergestellt, indem man 2—3 g Silbersulfat (aus Silbernitratlösung durch Ausfällen mit Natriumsulfat gewonnen) mit 200 g Wasser kräftig schüttelt. Eine beliebige Menge dieser gesättigten Lösung wird zu gleichen Teilen mit Wasser gemischt und dann mit 33%iger Äthylaminlösung versetzt, bis ein anfänglicher Niederschlag eben wieder gelöst ist. — Ausführung der Färbung:: 1. Herstellen der Präparate wie bei Peppler; 2. Beizen: Präparat mit Schichtseite in ein Blockschälchen legen, reichlich mit Beize übergießen und 5—7 Minuten auf eine etwa 100° heiße Eisenplatte stellen. 3. Abkühlen lassen, bis sich Beize trübt, dann sehr sorgfältig abspülen mit Wasser. 4. Auf das Deckglas 3—4 Tr. Äthylaminsilberlösung geben und erhitzen, bis die Lösung stark raucht und die Ausstrichränder (nur diese!) schwarz werden. 5. Abspülen in Wasser. Geißeln schwarz auf hellem Grunde.

6. Zum Färben von Blutausstrichen ist von R. May und L. Grünwald eine auch für bakteriologische Zwecke brauchbare Färbmethode angegeben worden: 1,0 gelbes Eosin wird in 1 Liter destillierten Wassers gelöst, ebenso 1,0 Methylenblau medicinale. Beide Lösungen werden zusammengegossen. Nach einigen Tagen wird mit Hilfe der Saugpumpe abfiltriert und der Rückstand mit destilliertem Wasser so lange ausgewaschen, bis das Waschwasser fast farblos abläuft. Vom Rückstand wird eine gesättigte Lösung in Methylalkohol hergestellt (0,25 Farbstoff in 100 ccm Methylalkohol). — Die hiermit zu färbenden Präparate brauchen nicht fixiert zu werden. Die Färbung erfordert gewöhnlich 2 Minuten (kann jedoch bei schwer färbbaren Objekten mehrere Stunden dauern). Nach dem Färben wird in neutralem destillierten Wasser abgespült, dem einige Tropfen der Farblösung zugesetzt sind.

B. Kulturverfahren.

Die Isolierung von Bakterien mittels der Plattenkultur.

Das Untersuchungsmaterial (Dejektionen, Wasser, Leichenteile, Sputum, Eiter u. dgl.) wird in einem sterilisierten Reagenzglas ins Laboratorium gebracht. Man kann die Reagenzgläser sterilisieren, indem man zunächst den verschließenden Wattepfropfen tief hineinschiebt, das Glas mit der Pinzette faßt und mit der Gas- und Spiritusflamme in seiner ganzen Ausdehnung kräftig erhitzt; wenn der Wattepfropf leicht gebräunt ist, zieht man ihn an die Mündung des

Röhrchens vor. — Die Untersuchung muß stets sobald als möglich erfolgen, da sonst durch Vermehrung der Saprophyten das Auffinden der Krankheitserreger erschwert oder unmöglich wird.

Utensilien und Nährsubstrat. Als sog. Platten benutzt man flache Glasschalen mit Deckel (Petri-Schalen). Fehlt es an den im Laboratorium üblichen Sterilisationsapparaten, so kann man die Schalen für 1 Stunde in Sublimatlösung (1 : 2000) einlegen und durch wiederholtes Übergießen mit gekochtem und wieder abgekühltem Wasser das Sublimat sorgfältig entfernen; oder man kocht sie in schwacher Sodalösung 1 Stunde und läßt in derselben erkalten.

Zum Einbringen des Materials verwendet man Platindrähte, die in ein Glasrohr oder einen Kolleschen Nadelhalter eingeschmolzen und am Ende zu einer 2 mm im Durchmesser haltenden Öse umgebogen sind. Die Drahtenden werden durch Ausglühen in der Flamme sterilisiert.

Die Nährsubstrate können in Reagenzgläsern oder Vorratskolben fertig bezogen werden, z. B. von Grübler & Co. in Leipzig, Rohrbeck oder Lautenschläger in Berlin.

Das Plattengießen. Drei Röhrchen mit Nährgelatine werden in warmes Wasser von 35° gesetzt, bis die Gelatine flüssig geworden ist. Dann faßt man eins davon (a) mit der linken Hand derart, daß es zwischen Daumen und nach oben gekehrter Hohlhand mit der Mündung nach rechts in schräger Lage ruht, dreht den Wattebausch heraus und nimmt ihn zwischen zwei Fingerspitzen der linken Hand so, daß die zum Einführen in die Röhrenmündung bestimmten Teile der Watte nach unten hängen und nicht berührt werden. Mit abgeglühter und wieder erkalteter Platinöse nimmt man nun eine Spur Bakterienmaterial auf und verreibt diese an der Glaswand mit dem obersten Teile der Gelatine im Röhrchen. (Bei Wasseruntersuchungen Tropfen mittels kleiner Pipette.) Platinöse abglühen und fortstellen. Röhrchen mit dem Wattebausch schließen; gründliches Verteilen des Untersuchungsmaterials in der Gelatine unter Drehen, Neigen und Wiederaufrichten des Röhrchens (Schaumbildung vermeiden und nicht zuviel Gelatine in den Wattepfopf eindringen lassen). Nun faßt man das Röhrchen wieder wie vorhin, öffnet es und nimmt das zweite ebenso daneben. Mit steriler Platinöse überträgt man zwei Ösen Inhalt von Röhrchen a in Röhrchen b, glüht die Öse ab und schließt beide Röhrchen. Röhrchen a zurück ins Wasserbad. Röhrchen b mischen wie vorher und von b 3—5 Ösen Inhalt ins Röhrchen c übertragen, dann dessen Inhalt mischen. Bei sehr bakterienreichem Material evtl. noch weitere Verdünnungen anlegen. — Darauf stellt man drei mit Deckel versehene Petrische Schälchen nebeneinander auf den Tisch (bei warmem Zimmer auf ein mit kaltem Wasser gefülltes flaches Blechgefäß) und signiert (auf der Außenseite des unteren Schälchens) mit a, b, c. Nun gießt man, nachdem man die Wattestopfen der drei Gläschen entfernt und in Sublimat geworfen und den Rand der Röhrchen leicht abgeglüht hat, unter teilweise vorsichtigem Aufheben des Deckels den Inhalt von Röhrchen a in Schälchen a, den von b in Schälchen b, den von c in Schälchen c. Nach 5—15 Minuten ist die Gelatine vollkommen erstarrt, und die Schälchen werden dann in den Brütofen von 22° gesetzt. — Das Verfahren ist bei Benutzung von Agar das gleiche; nur müssen die Agarröhrchen bei 100° verflüssigt und dann bis auf 42° abgekühlt werden.

Die Feststellung des Resultats erfolgt nach 24—48—72 Stunden zunächst durch Betrachtung der Platte mit bloßem Auge, dann mit 60facher Vergrößerung. Gestalt, Farbe, Verflüssigung der Kolonien, und zwar der tiefliegenden, wie der oberflächlichen, ist zu notieren. Zu genauerem Studium ist oft nur eine Platte geeignet, während die anderen zu zahlreiche oder zu wenig Kolonien enthalten. Genauere Feststellung der Zahl erfolgt mittels einer in kleine Quadrate geteilten Glasplatte; man ermittelt ein für allemal, wieviel solcher Quadrate in der Fläche eines Petrischen Schälchens enthalten sind und findet z. B. 167; dann zählt man auf der zu untersuchenden Platte etwa in zehn verschieden gelagerten Quadraten die Kolonien, nimmt von diesen das Mittel und multipliziert letzteres mit 167. Eine bequemere und bei reichlichem Keimgehalt genauere Methode besteht nach M. Neisser in der mikroskopischen Auszählung von 60 Gesichtsfeldern und hieraus an der Hand von Tabellen die Bestimmung der Gesamtkolonienzahl auf der ganzen Platte unter Berücksichtigung der Größe der Platte und des mikroskopischen Gesichtsfeldes. — Interessierende Kolonien sind möglichst früh in Reagenzgläser mit Gelatine abzuimpfen, d. h. man taucht einen vorher geglühten spitzen Platindraht, evtl. unter Leitung der Lupe oder des Mikroskopes, in die Kolonie und macht mit dem Draht dann einen Einstich in ein Gelatineröhrchen, dessen Wattepfopfen man abgenommen und zwischen die Finger geschoben hat und das man mit der Mündung nach unten in der Hand hält. Unmittelbar nach dem Einstich setzt man den Wattepfropfen wieder auf.

Meistens ist der Ausstrich auf Platten vorzuziehen. Man gießt die verflüssigte Gelatine oder besser Agar, der bei 37° fest bleibt und auf dem daher schnelleres Wachstum eintritt, zunächst in sterile Schalen aus, läßt erstarren und streicht dann das Untersuchungsmaterial (direkt oder nach vorheriger Verdünnung in steriler Bouillon) mittels eines Platinpinsels (Kruse) oder eines rechtwinklig gekrümmten Glasstabes oder mittelst der sterilen Kuppe eines Reagenzglases auf 3 Platten aus, indem man auf der ersten das zu untersuchende Material gleichmäßig verteilt, von der ersten eine Probe auf die zweite, von der zweiten wieder auf die dritte verstreicht. Für gewisse Fälle benutzt man besser große Platten (vgl. unter „Typhusdiagnose“).

C. Serodiagnostik.

a) Gewinnung diagnostisch verwertbarer Sera von Tieren.

Gewöhnlich werden Kaninchen benutzt; für Pestbazillen Pferde, für Milzbrand Esel.

Agglutinierende Sera. 16—24stündige Agarkulturen werden in 0,85%iger NaCl-Lösung aufgeschwemmt, 1 Stunde im Wasserbade bei 58—60° zwecks Abtötung gehalten und injiziert; die Aufschwemmungsflüssigkeit beträgt 1—5 ccm. Bei Typhus, Paratyphus A und B, Cholera, Meningitis, Dysenterie Flexner und Y beginnt man mit ½—1 Öse (= 2 mg), steigert in Zwischenräumen von 7—10 Tagen auf 1—2—4—6 Ösen und injiziert in die Ohrvenen. (1 Schrägröhrchen = 10 Ösen, 1 Petrischale = 60 Ösen). Bei Dysenterie Shiga-Kruse beginnt man wegen der Giftigkeit der Kulturen mit kleinsten Dosen, höchstens mit 1/20—1/50 Öse und steigert auf 1/10—¼—½—1 Öse bei subkutaner

Einverleibung; erst dann spritzt man ⅙—½—1—2 Ösen intravenös. Etwa 10 Tage nach der letzten Einspritzung entnimmt man durch Einschnitt in die Ohrvene etwas Blut, stellt den Titer des Serums fest und entblutet das Tier (oder entnimmt größere Mengen Blutes) unter sterilen Maßregeln, wenn der Titer des Serums genügt.

Bakteriologische Sera (Typhus, Cholera) werden in analoger Weise hergestellt; man beginnt mit den gleichen Mengen (die beim ersten Male abgetötet sein können, dann aber lebend verwandt werden) und injiziert intravenös oder intraperitoneal.

Hämolytische Sera. Gewöhnlich wird Schafblut „Hammelblut" benutzt. Das defibrinierte Blut wird mit dem 10fachen Volumen 0,8%iger NaCl-Lösung versetzt und zentrifugiert, bis sich die Blutzellen völlig abgesetzt haben, dann gießt man die klare Flüssigkeit ab, ergänzt sie durch NaCl-Lösung, mischt die Erythrozyten vorsichtig durch, zentrifugiert von neuem und verfährt so dreimal. Die roten Blutkörperchen werden schließlich in soviel Kochsalz aufgenommen, als dem Serum entspricht; man erhält alsdann gewaschenes Hammelblut in Blutdichte, das im Eisschrank 1—2 Tage haltbar ist. Man injiziert davon in 7tägigen Zwischenräumen intravenös 0,5—5,0 ccm und einmal intraperitoneal 2—5 ccm und entblutet 10 Tage nach der letzten Einspritzung.

Präzipitierende Sera. Das sterile (Menschen-, Pferde- usw.) Serum wird in Mengen von 1—3 ccm dreimal intravenös oder intraperitoneal in 5tägigen Zwischenräumen injiziert. Entblutung 6—8 Tage nach der Einspritzung.

Gewinnung und Konservierung der Sera. Hat die Vorprüfung des Serums einen genügend hohen Titer ergeben, so erfolgt die Entnahme größerer Blutmengen oder die Entblutung der Tiere aus der Karotis oder Iliaca unter sterilen Bedingungen. Es empfiehlt sich zumal bei präzipitierenden Seren, die Tiere 12 Stunden vor der Entnahme hungern zu lassen, da das Serum sonst oft opalesziert. Das in einem nicht zu weiten Meßzylinder aufgefangene Blut wird 1—2 Stunden nach der Entnahme mit einem sterilen Glasstabe von der Wand gelöst und darauf in den Eisschrank gebracht, wo sich bis zum nächsten Tage das Serum absetzt; wenn nötig wird es durch Zentrifugieren von Blutkörperchen befreit. Darauf versetzt man es mit 0,5 % Karbol und füllt es in sterile, mit Gummistopfen versehene, braune Fläschchen (möglichst zu je 1 ccm) ab, die zwecks Zerstörung etwaiger Luftkeime 1 Stunde bei 58° gehalten werden können. Oder man trocknet es schnell bei 37° und füllt die Trockensubstanz zu je 0,1 in braune Röhrchen, die sofort zugeschmolzen werden; je 1,0 flüssiges Serum liefert 0,1 g Trockenserum. Präzipitierende Sera können nur steril aufbewahrt werden. In flüssigem Zustande sind die Sera, kühl und dunkel aufbewahrt, ½—2 Jahre, im Trockenzustand noch länger haltbar.

Anforderungen an diagnostische Immunsera.

Der Titer soll mindestens betragen

bei agglutinierenden Seren:

bei Typhus: 1 : 5000,

bei Paratyphus: 1 : 5000,

bei Dysenterie Shiga-Kruse: 1 : 500,

bei Dysenterie Flexner: 1 : 2000,
bei Dysentrie Y: 1 : 1000,
bei Meningitis: 1 : 200,
bei Pest 1 : 500,
bei bakteriolytischen Seren:
bei Typhus 1 : 5000,
bei Cholera: 1 : 5000,
bei hämolytischen Seren (gegen Hammelblut): 1 : 1000,
bei präzipitierenden Seren: 1 : 5000.

b) Gewinnung diagnostisch verwertbarer Sera vom Menschen.

Wenn das Blut zugleich zur Blutkultur benutzt werden soll (Typhus, Meningitis, Sepsis, Pest), bringt man von dem mittels Spritze aus der Armvene entnommenen Blute 1—1,5 ccm in ein Reagenz- oder Zentrifugenglas; sonst entnimmt man es aus dem Ohrläppchen oder aus der Fingerbeere der linken Hand. Man reibt die Entnahmestelle mit Alkohoalwattebausch ab, läßt den Alkohol verdunsten, ritzt die Haut mittelst steriler Nadel oder Skalpell am unteren Rande, befördert den Blutaustritt durch leichtes Drücken („Melken") des Ohrläppchens und fängt das Blut entweder in Glaskapillaren auf (wobei das Blut die Kapillare in einem Zuge füllen muß, andernfalls ist eine neue Kapillare zu nehmen) oder mit dem Wattebausch Czaplewskischer Tupfer (Spitzgläschen, mit einem Kork verschlossen, der eine mit Wattebausch versehene Nadel trägt; im ganzen sterilisiert). Für eine Agglutination sind 5—6 Tropfen Blut erforderlich. Die Kapillaren werden mit Siegellack oder Wachs verschlossen. Nach einigen Stunden, im Eisschrank schon nach 1 Stunde, hat sich das Serum klar abgesetzt Man bricht die Enden der Kapillare dicht über dem Serum ab und läßt das, evtl. durch Zentrifugieren von Erythrozyten zu befreiende Serum in die Pipette laufen. Die Czaplewskischen Tupfer werden zentrifugiert, wodurch das Serum in die Spitze des Gläschens geschleudert wird. Erfolgt die Serumabscheidung infolge zu geringer Zentrifugengeschwindigkeit ungenügend oder gar nicht, so drückt man den Tupfer in das Gläschen aus und zentrifugiert dann. Durch Venenpunktion gewonnenes Blut wird nach dem Erstarren (1—2 Stunden nach der Entnahme) von der Glaswand, wenn nötig, abgelöst, worauf sich das Serum abscheidet und evtl. durch Zentrifugieren von Blutkörperchen befreit wird.

1. Agglutinationsprobe.

a) Quantitative, makroskopische Probe zur Titerbestimmung von Immunseren. Erforderlich: saubere Reagenzgläser, Pipetten von 1,0 Fassungsvermögen, geeicht in 0,01, völlig klare (wenn nötig zweimal durch gehärtete Filter geschickte) 0,85%ige NaCl-Lösung, Immunserum und zugehörige 24stündige Agarkultur. Man stellt mit NaCl-Lösung je 1 ccm der Serumverdünnung 1 : 10, 1 : 20, 1 : 50, 1 : 100, 1 : 200 usf. her, verreibt in jedes 1 Normalöse (= 2 mg) der Kultur, stellt das Röhrchen auf bestimmte Zeit in den Brütschrank und liest ab, bis zu welcher Serumverdünnung noch gerade Häufchen-

bildung (Agglutination) eingetreten ist. Die Röhrchen werden, evtl. mit schwacher Lupenvergrößerung, so betrachtet, daß man sie schräg über Kopfhöhe hält und das Licht von oben nach unten durchfallen läßt. Oder man benutzt das Kuhnsche Agglutinoskop. Bei jeder Untersuchung wird in einem Kontrollröhrchen 1 Öse Kultur nur in Kochsalzlösung verrieben, die völlig homogen trübe erscheinen muß. Man untersucht die Röhrchen

bei Typhus und Paratyphus	nach	3	Stunden	bei	37°
„ Meningitis	„	24	„	„	37°
	oder	3	„	„	55°
„ Ruhr	nach	3	„	„	37°
„ Cholera	„	1	„	„	37°
„ Pest	„	½	„	„	37°

Als Titer des Serums gilt die Zahl der Verdünnung, in welcher gerade eben noch Agglutination eingetreten ist.

b) Orientierende (Agglutinations-)Probe (bei Typhus, Paratyphus, Ruhr, Cholera). In einen Tropfen des 1 : 20 bis 1 : 100 verdünnten, hochwertigen Immunserums wird auf dem Objektträger oder Deckglas soviel von einer verdächtigen Kolonie gleichmäßig verrieben, daß eine mäßige Trübung entsteht. Werden die Bakterien rasch agglutiniert („sprechen sie auf das Serum an"), so gehören sie höchstwahrscheinlich zu derjenigen Art, mit der das Immunserum hergestellt war.

c) Mikroskopische Agglutinationsprobe. Von verschiedenen Verdünnungen des Serums werden Hängetropfen angefertigt, in die eine geringe Menge Bakterien homogen verteilt wird. Betrachtung mit schwacher Vergrößerung und Ölimmersion, sogleich und nach ½ Stunde Brütschrankaufenthalt. Kann mit b) kombiniert werden.

Anwendung der Agglutination.

a) Zur Identifizierung verdächtiger Reinkulturen. Die Kulturen werden mittels der makroskopischen, quantitativen Methode unter Innehaltung der oben genannten Temperatur- und der Zeitangaben gegen hochwertiges Immunserum austitriert. In jedem Versuche sind als Kontrollen anzusetzen:

1. 1 Röhrchen mit Kochsalzlösung und der verdächtigen Kultur; muß homogen trübe erscheinen.

2. 1 Röhrchen mit normalem Serum der Tierart, welche das Immunserum lieferte, aber in der Verdünnung 1 : 50; muß homogen trübe erscheinen.

3. 1 Röhrchen mit einer gleichalterigen, bekannten Kultur und dem Testserum in der dem Titer entsprechenden Verdünnung; muß Agglutination ergeben.

Wird die verdächtige Kultur annähernd so hoch agglutiniert wie die bekannte Kultur, so ist sie mit ihr identisch. Cholerakulturen von wenigen Stunden Alter agglutinieren mitunter spontan in Kochsalzlösung; in diesem Falle ist der Versuch mit einer mindestens 15stündigen Kultur zu wiederholen. Nicht agglutinierte, aber durch ihr Wachstum als typhusverdächtig geltende Stämme sind an mehreren Tagen nacheinander aut Schrägagar zu impfen und werden dann bisweilen agglutinabel.

b) Zum Nachweis von Agglutininen im Krankenserum, Widalsche Reaktion, wird in einem wie oben angesetzten Versuch diejenige Bakterienart be-

nutzt, welche die mutmaßliche Infektion des Kranken verursacht hat. Statt lebender Kultur ist auch Fickers Diagnosticum für Typhus, Paratyphus, Ruhr (haltbare Aufschwemmung abgetöteter Bakterien, zu beziehen von Merck, Darmstadt) gut verwendbar. Die Ergebnisse der makroskopischen Methodik besagen

bei Typhus und Paratyphus A	1 : 50	positiv	= (starker) Verdacht
	1 : 100	„	= Beweis
„ Paratyphus B	1 : 100	„	= Verdacht
	1 : 200	„	= Beweis
„ Dysenterie	1 : 25	„	= Verdacht
	1 : 50	„	= Beweis
„ Cholera	1 : 5	„	= Verdacht
	1 : 10	„	= Beweis
„ Meningitis	1 : 10	„	= Verdacht
	1 : 20	„	= Beweis
„ Pest	1 : 1	„	= Verdacht
	1 : 3	„	= Beweis

Positiver Ausfall der Probe bei fehlenden klinischen Erscheinungen beweist, daß der Untersuchte die Krankheit vor nicht langer Zeit überstanden hat. Besonders bei Meningitis und Pseudodysenterie ist es ratsam, mehrere Normalsera heranzuziehen, da diese Bakterien mitunter dadurch verhältnismäßig hoch agglutiniert werden.

2. Bakteriolytische Probe (Pfeifferscher Versuch).

a) Bei Cholera. Für die Anstellung des Pfeifferschen Versuchs ist Kaninchenserum zu benutzen. Die in folgendem gemachten Zahlenangaben beziehen sich nur auf dieses Serum. Dasselbe muß möglichst hochwertig sein, mindestens sollen 0,002 g des Serums genügen, um bei Injektion von einer Mischung einer Öse (1 Öse = 2 mg) einer 18stündigen Choleraagarkultur von konstanter Virulenz und 1 ccm Nährbouillon die Cholerabakterien innerhalb einer Stunde in der Bauchhöhle des Meerschweinchens zur Auflösung unter Körnchenbildung zu bringen, d. h. das Serum muß mindestens einen Titer von 1 : 5000 haben.

Zur Ausführung des Pfeifferschen Versuchs sind vier Meerschweinchen von je 200 g Gewicht erforderlich.

Tier A erhält das 5fache der Titerdosis, also 1 mg von einem Serum mit Titer 1 : 5000.

Tier B erhält das 10fache der Titerdosis, also 2 mg von einem Serum mit Titer 1 : 5000.

Tier C dient als Kontrolltier und erhält das 50fache der Titerdosis, also 10 mg vom normalen Serum derselben Tierart, von welcher das bei Tier A und B benutzte Serum stammt.

Sämtliche Tiere erhalten diese Serumdosen gemischt mit je einer Öse der zu untersuchenden, 18 Stunden bei 37° auf Agar gezüchteten Kultur in 1 ccm Fleischbrühe (nicht in Kochsalz- oder Peptonlösung) in die Bauchhöhle eingespritzt.

Tier D erhält nur eine Öse der zu untersuchenden Kultur in die Bauchhöhle zur Prüfung, ob die Kultur für Meerschweinchen virulent ist.

Zur Einspritzung benutzt man eine Hohlnadel mit abgestumpfter Spitze. Die Einspritzung in die Bauchhöhle geschieht nach Durchschneidung der äußeren Haut; es kann dann mit Leichtigkeit die Hohlnadel in den Bauchraum eingestoßen werden. Die Entnahme der Peritonealflüssigkeit zur mikroskopischen Untersuchung im hängenden Tropfen erfolgt vermittelst Haarröhrchen gleichfalls an dieser Stelle. Die Betrachtung der Flüssigkeit geschieht im hängenden Tropfen bei starker Vergrößerung, und zwar sofort nach der Einspritzung, 20 Minuten und 1 Stunde nach derselben.

Bei Tier A und B muß nach 20 Minuten, spätestens nach 1 Stunde typische Körnchenbildung oder Auflösung der Vibrionen erfolgt sein, während bei Tier C und D eine große Menge lebhaft beweglicher oder in ihrer Form gut erhaltener Vibrionen vorhanden sein muß. Damit ist die Diagnose gesichert.

Behufs Feststellung abgelaufener Cholerafälle ist der Pfeiffersche Versuch in folgender Weise anzustellen:

Es werden Verdünnungen des Serums des verdächtigen Menschen mit 20, 100 und 500 Teilen der Fleischbrühe hergestellt, und davon je 1 ccm mit je einer Öse einer 18stündigen Agarkultur virulenter Choleravibrionen vermischt, je einem Meerschweinchen von 200 g Gewicht in die Bauchhöhle eingespritzt. Ein Kontrolltier erhält eine Öse der gleichen Kultur ohne Serum in 1 ccm Fleischbrühe aufgeschwemmt in die Bauchhöhle eingespritzt.

Bei positivem Ausfalle der Reaktion nach 20 bzw. 60 Minuten ist anzunehmen, daß der betreffende Mensch, von welchem das Serum stammt, die Cholera überstanden hat.

b) Bei Typhus. Wird in derselben Weise ausgeführt, nur tritt die Körnchenbildung bei Tier A und B, wenn es sich um echte Typhusbazillen handelt, nach 2—3 Stunden ein. Wird nur ausgeführt, wenn die Agglutinationsprobe zweifelhaft ist.

3. Präzipitation.

Titervermittelung der Immunsera. Erforderlich: Spitzgläschen, Pipetten von 1,0 Fassungsvermögen, geeicht in 0,01, 0,8%ige Kochsalzlösung, Reagenzgläser, Immunserum und zugehöriges Antigen. Alle Geräte müssen absolut sauber, die Flüssigkeiten vollkommen klar sein. Man stellt in Reagenzgläsern die Antigenverdünnung 1 : 10, 1 : 100, 1 : 1000, 1 : 10 000, evtl. noch Zwischenstufen her, füllt in die Spitzgläschen je 0,2 ccm Immunserum und überschichtet es mit den Antigenverdünnungen; die Schichtungen müssen völlig scharf sein. Nach 20 Minuten bei Zimmertemperatur wird abgelesen, bis zu welcher größten Antigenverdünnung noch eine hauchartige Trübung eingetreten ist; diese Verdünnungszahl heißt der Titer des Immunserums.

Anwendung der Präzipitation zur Bestimmung der Herkunft von Blutflecken oder zum Nachweis der Verfälschung von Fleischwaren mit minderwertigem Fleisch. Man stellt sich aus den Blutflecken bzw. Fleischwaren mit möglichst wenig NaCl-Lösung ein Extrakt her, filtriert ihn bis zur völligen Klarheit und verdünnt ihn mit NaCl-Lösung so lange, bis der Schüttelschaum noch längere Zeit stehen bleibt oder bei Unterschichtung mit Salpetersäure sich ein deutlicher Ring bildet. An einem 1 : 1000

verdünnten Normalserum vergleicht man den Ausfall. Nunmehr füllt man in die Spitzgläschen 0,2 des präzipitierenden Immunserums, welches Eiweiß derjenigen Tierart fällt, von der die zu untersuchenden Proben mutmaßlich stammen, und überschichtet mit dem Extrakt. Tritt nach 20 Minuten noch Schichtbildung ein, so wird das Extrakt weiter verdünnt. Als Kontrollen sind in jedem Versuch anzusetzen:

1. Immunserum, überschichtet mit dem zugehörigen Antigen in der Titerverdünnung; muß Schichtbildung ergeben.
2. Normalserum derselben Tierart, welche das Immunserum geliefert hat, überschichtet mit dem Extrakt; darf keine Schichtbildung ergeben.
4. Normalserum, mit NaCl-Lösung überschichtet } dürfen keine Schichtbildung ergeben.
3. Immunserum, mit NaCl-Lösung überschichtet }

Verhält sich das Extrakt wie die Kontrolle I, oder wird es annähernd so hoch präzipitiert, so stammt der Blutfleck bzw. die Verfälschung der Fleischware von derjenigen Spezies, welche das Antigen geliefert hat. Fällt der Versuch mit dem Extrakt gegenüber einem Serum negativ aus, ist er mit verschiedenen Immunseren zu wiederholen.

4. Anleitung zur Ausführung der Wassermannschen Reaktion.

(Nach den Beratungen im Reichsgesundheitsrat; veröff. in „Volkswohlfahrt" 1920, Nr. 13.)

1. Zur Ausführung der Wassermannschen Reaktion sind nur staatlich geprüfte Extrakte und als Ambozeptor nur staatlich geprüfte hammelblutlösende Kaninchensera zu verwenden. Andere Extrakte und Ambozeptoren dürfen nicht benutzt werden.

Das Komplement muß von den Untersuchungsstellen selbst gewonnen, und die Hammelblutaufschwemmung muß von den Untersuchungsstellen selbst hergestellt werden.

Das Komplement darf nur von Meerschweinchen, die noch nicht zu anderen Versuchen verwendet worden sind, stammen. Es soll frisch oder höchstens am vorhergegangenen Tage entnommen sein. Die Aufbewahrung des Meerschweinchenserums muß in letzterem Falle auf Eis oder im Eisschrank erfolgen. Es empfiehlt sich, das Komplement von mehreren Tieren zu mischen.

Die roten Hammelblutkörperchen müssen durch sorgfältiges dreimaliges Waschen mit der mindestens fünffachen Menge 0,85%iger Kochsalzlösung und nachfolgendes Ausschleudern von allen Resten anhaftenden Serums befreit werden.

Die als Bodensatz ausgeschleuderten Blutkörperchen sind mit steriler, 0,85%iger Kochsalzlösung derart aufzuschwemmen, daß die Blutkörperchenaufschwemmung stets in gleicher Dichte benutzt wird und der Mischung von 1 ccm Bodensatz und 19 ccm 0,85%iger Kochsalzlösung entspricht.

Bei der

Versuchsanordnung

sind folgende Vorschriften zu beachten:

3. Das menschliche Serum darf nur in inaktiviertem Zustand untersucht werden, d. h. nach einhalbstündiger Erhitzung im Wasserbade auf 55° bis 56° C.

Je ein Teil des inaktivierten Serums ist mit 4 Teilen steriler 0,85%iger Kochsalzlösung zu verdünnen.

4. Jedes menschliche Serum muß gleichzeitig mit mindestens 3 verschiedenartigen Extrakten, darunter möglichst einem aus syphilitischer Leber gewonnenen Extrakt, untersucht werden. Es empfiehlt sich indessen, besonders auch bei Wiederholungen der Untersuchung und bei früher bereits sicher festgestellter Lues, mit 5 Extrakten zu arbeiten.

Die Gebrauchsdosis der einzelnen Extrakte ist durch Vergleichsprüfung an einer größeren Reihe als „sicher positiv" und „sicher negativ" bekannter Menschsera ausprobiert. Auf den Fläschchen ist angegeben, mit wieviel physiologischer Kochsalzlösung 1 ccm des Extraktes verdünnt werden muß, damit die Gebrauchsdosis beim Arbeiten mit je 0,5 ccm der einzelnen Komponenten in 0,5 ccm der Verdünnung enthalten ist.

Die Extrakte müssen kurz vor Ansetzen des Versuchs durch Zugabe der entsprechenden Mengen steriler physiologischer Kochsalzlösung verdünnt werden.

In welcher Art (unter Schütteln, langsam oder schnell usw.) die Verdünnung zu erfolgen hat, geht aus der den Fläschchen beigegebenen Anweisung hervor.

5. Die Wassermannsche Reaktion wird in der Weise ausgeführt, daß jede der 5 in Betracht kommenden Komponenten in einem Flüssigkeitsvolumen von 0,5 ccm enthalten ist. Das Gesamtvolumen beträgt demnach in jedem einzelnen Versuchsröhrchen 2,5 ccm.

Aus Sparsamkeitsrücksichten darf die Flüssigkeitsmenge der einzelnen Komponenten auch auf 0,25 ccm, das Gesamtvolumen auf 1,25 ccm herabgesetzt werden. In diesem Falle sind die folgenden Zahlenangaben sinngemäß auf die Hälfte zu vermindern.

Vor Ausführung der Wassermannschen Reaktion ist jeweils die Wirksamkeit des benutzten Komplements und des hämolytischen Ambozeptors in Vorversuchen zu bestimmen.

Das Komplement wird sowohl in den Vorversuchen wie auch im Hauptversuch in 10facher Verdünnung (1 Teil Meerschweinchenserum + 9 Teile steriler 0,85%iger Kochsalzlösung) bzw. in 20facher Verdünnung (1 Teil Meerschweinchenserum + 19 Teile steriler 0,85%iger Kochsalzlösung) verwendet.

Hämolytischer Vorversuch.

6. Von dem hämolytischen Ambozeptor (Hammelblutkörperchen lösendes Kaninchenserum) werden, um die im Hauptversuch anzuwendende „Gebrauchsdosis" zu ermitteln, absteigende Mengen (bzw. verschiedene Verdünnungen) geprüft, um zunächst die kleinste völlig lösende Dosis festzustellen.

Zugleich wird unter Verwendung eines Extrakts die eigenhemmende (antikomplementäre) Wirkung der Extraktverdünnung auf das jeweils benutzte Komplement durch folgende Feststellung berücksichtigt. Es werden einerseits Mischungen von absteigenden Mengen von Ambozeptor und Hammelblutaufschwemmung (sensibilisierte rote Blutkörperchen), anderseits ein Gemisch von Komplement und Extraktverdünnung hergestellt. Nach 45 Minuten langem Verweilen dieser Gemische im Brutschrank werden den Ambozeptor und Hammelblutaufschwemmung enthaltenden Versuchsröhrchen gleiche Mengen des Gemisches von Komplement und Extrakt-

verdünnung zugefügt, so daß die unter diesen Bedingungen völlig lösende Dosis des Ambozeptors ermittelt wird.

Der Vorversuch gestaltet sich daher bei einem Titer des hämolytischen Ambozeptors 1 : 2000 folgendermaßen:

A.

Bestimmung der völlig lösenden Dosis.

Röhrchen	Hämolytischer Ambozeptor	Kochsalzlösung	Komplement 1 : 10 ccm	Hammelblutkörperchen 1 : 20 ccm
1	1,5 ccm Verd., 1: 3000 [= 0.5 ccm 1: 1000][1])	0	0.5	0 5
2	1,0 „ „ 1: 3000 [= 0.5 „ 1: 1500]	0.5	0.5	0.5
3	0,75 „ „ 1: 3000 [= 0.5 „ 1: 2000]	0 75	0.5	0 5
4	0,5 „ „ 1: 3000 [= 0 5 „ 1: 3000]	1 0	0 5	0,5
5	1.5 „ „ 1:12000 [= 0 5 „ 1: 4000]	0	0 5	0,5
6	1 „ „ 1:12000 [= 0.5 „ 1: 6000]	0 5	0 5	0 5
7	0 75 „ „ 1:12000 [= 0.5 „ 1: 8000]	0 75	0,5	0,5
8	0,5 „ „ 1:12000 [= 0,5 „ 1:12000]	1.0	0,5	0.5
9	0 „ „ — — [— „ — —]	1,5	0,5	0,5

B.

Bestimmung der völlig lösenden Dosis nach vorherigem Zusammenwirken von Extrakt und Komplement unter Verwendung sensibilisierten Blutes.

Röhrchen	Hämolytischer Ambozeptor	Kochsalzlösung	Hammelblutkörperchen 1 : 20 ccm	
10	0.5 ccm 1:100 [1: 100]	0	0.5	Nach 3/4stündigem Verweilen im Brutschrank wird je 1.5 ccm einer gleichfalls zuvor 3/4 Stunden im Brutschrank gehaltenen Mischung von gleichen Teilen Extraktverdünnung, physiologischer Kochsalzlösung und 10fach verdünntem Meerschweinchenserum zugefügt.
11	0.25 „ 1:100 [1: 200]	0.25	0.5	
12	0.5 „ 1:300 [1: 300]	0	0,5	
13	0 3 „ 1:300 [1: 500]	0.2	0.5	
14	0.2 „ 1 300 [1; 750]	0.3	0.5	
15	0 15 „ 1:300 [1:1000]	0.35	0.5	
16	0,1 „ 1:300 [1:1500]	0.4	0,5	

Die fertig beschickten Röhrchen werden eine Stunde im Brutschrank oder ½ Stunde im Wasserbade bei 37° gehalten. Danach wird im Vorversuch A die kleinste lösende Dosis („Titerdosis") des Ambozeptors bestimmt durch Feststellung desjenigen Röhrchens von 1 bis 9, in dem gerade noch völlige Lösung der Blutkörperchen eingetreten ist.

Die Blutkörperchen dürfen bei alleinigem Komplementzusatze keine Lösung zeigen. Demgemäß muß in dem Röhrchen 9 die oberhalb der Blutkörperchen stehende Flüssigkeit farblos bleiben.

---

[1]) Anmerkung: Die in eckigen Klammern beigefügten Verdünnungen stellen die Ambozeptorenverdünnungen, auf ein Volumen von 0,5 ccm berechnet, dar, also auf diejenigen Bedingungen bezogen, wie sie im Hauptversuche praktisch zur Anwendung gelangen.

Aus dem Vorversuche B (Röhrchen 10 bis 16) ergibt sich die völlig lösende Ambozeptordosis bei vorheriger Einwirkung des Extrakts auf das Komplement. Sie ist durch die antikomplementäre Extraktwirkung bzw. durch Abschwächung des verdünnten Komplements größer als bei der einfachen Bestimmung des Ambozeptortiters. Es muß daher einerseits mindestens die im Vorversuche B völlig lösende Ambozeptormenge, andererseits mindestens das 4fache der in Reihe A ermittelten Titerdosis für den Hauptversuch angewandt werden.

Enthält z. B. im Vorversuch A Röhrchen 3 die kleinste, völlig lösende Dosis, im Vorversuche B Röhrchen 13, so ergibt sich als Gebrauchsdosis 0,5 ccm der 500fachen Ambozeptorverdünnung.

Enthält aber z. B. im Vorversuch A Röhrchen 3 die völlig lösende Dosis, im Vorversuch B aber Röhrchen 11, so ergibt sich als Gebrauchsdosis für den Hauptversuch 0,5 ccm einer Ambozeptorverdünnung von 1 : 200.

Enthält endlich z. B. im Vorversuch A Röhrchen 3 die völlig lösende Dosis, im Vorversuch B aber Röhrchen 15, so ergibt sich als Gebrauchsdosis 0,5 ccm der Ambozeptorverdünnung 1 : 500.

Zugleich sind die beiden Vorversuche A und B in gleicher Weise anzusetzen, nur mit dem Unterschiede, daß das Komplement anstatt in 10facher in 20facher Verdünnung zur Anwendung gelangt. Dabei ist in dem Versuchsteil B derjenige Extrakt zu verwenden, der auch im Hauptversuche bei 20facher Komplementverdünnung benutzt wird.

Die Gebrauchsdosis ergibt sich auch in diesem Falle aus den oben erörterten Regeln[1]).

7. Um eine Gewähr dafür zu haben, daß im Hauptversuch einerseits eine hinreichende Komplementmenge vorhanden ist, andererseits ein Komplementüberschuß vermieden wird, empfiehlt es sich, unter Verwendung der nach dem Verfahren in Ziffer 6 bestimmten Gebrauchsdosen des Ambozeptors den Grad der Komplementwirkung quantitativ auszuwerten.

Ein derartiger Kontrollversuch gestaltet sich folgendermaßen:

Röhrchen	Komplement	Kochsalzlösung	Ambozeptor-Gebrauchsdosis für Komplement-Verdünnung 1 : 10 ccm	Hammelblut 1:20 ccm
1	1 ccm Verd. 1:20 = 0,5 ccm 1:10	0,5	0,5	0,5
2	0,5 „ „ 1:20 = 0,5 „ 1:20	1	0,5	0,5
3	0,25 „ „ 1:20 = 0,5 „ 1:40	1,25	0,5	0,5
4	1 „ „ 1:160 = 0,5 „ 1:80	0,5	0,5	0,5
5	0,5 „ „ 1:160 = 0,5 „ 1:160	1	0,5	0,5

[1]) Wenn ausnahmsweise im Vorversuch B unter Verwendung 20facher Komplementverdünnung auch bei der größten Ambozeptormenge in Röhrchen 10 keine völlige Lösung eintritt, kann trotzdem der Hauptversuch mit der größten Ambozeptormenge des Vorversuchs B ausgeführt werden. Tritt in derartigen Ausnahmefällen in den Kontrollröhrchen nicht vollständige Hämolyse ein, so ist bei sich ergebenden Zweifeln die Untersuchung mit demselben Serum zu wiederholen.

Röhrchen	Komplement	Kochsalzlösung	Ambozeptor-Gebrauchsdosis für Komplement-Verdünnung 1:10 ccm	Hammelblut 1:20 ccm
6	1 ccm Verd. 1:20 = 0,5 ccm 1:10	0,5	0,5	0,5
7	0,5 „ „ 1:20 = 0,5 „ 1:20	1	0,5	0,5
8	0,25 „ „ 1:20 = 0,5 „ 1:40	1,25	0,5	0,5
9	1 „ „ 1:160 = 0,5 „ 1:80	0,5	0,5	0,5
10	0,5 „ „ 1:160 = 0,0 „ 1:160	1	0,5	0,5

Die fertig beschickten Röhrchen werden eine Stunde im Brutschrank oder eine halbe Stunde im Wasserbade bei 37° gehalten. Danach werden diejenigen Röhrchen der beiden Versuchsreihen bestimmt, in denen gerade noch völlige Lösung der Blutkörperchen eingetreten ist. Diese beiden Röhrchen geben den Komplementtiter an und zeigen, ob in den Komplementverdünnungen 1:10 bzw. 1:20 hinreichend und nicht zu viel Komplement enthalten ist. Der Komplementgehalt ist sicher hinreichend, wenn die Komplementverdünnung 1:10 bzw. 1:20 das Doppelte des Komplementtiters enthalten, d. h. wenn in Röhrchen 2 bzw. in Röhrchen 8 gerade noch völlige Lösung der Blutkörperchen eingetreten ist. Ist die hämolytische Wirkung geringer, so liegt ein schwacher Komplementgehalt vor, ist sie stärker, so ist ein Komplementüberschuß vorhanden. Bei der Anordnung mit 20fach verdünntem Meerschweinchenserum kommt ein Komplementüberschuß nur in Ausnahmefällen in Betracht.

Dieser Versuch ist nur als Sicherung für die Beurteilung einer Versuchsreihe an einem jeweiligen Tage zwecks Berücksichtigung des schwankenden Komplementtiters aufzufassen. Wenn also z. B. aus dem Versuche hervorgeht, daß das Meerschweinchenserum sehr komplementarm war, und im Hauptversuch eine auffallende Menge von partiellen Hemmungen vorhanden ist, so mahnt diese Kontrolle zur Vorsicht in der Beurteilung positiver Fälle bzw. zur Neuanstellung des Versuchs mit anderem Komplement.

Hauptversuch mit Kontrollen.

8. Außer der eigentlichen Prüfung der eingesandten menschlichen Untersuchungsflüssigkeiten muß durch Vergleichungsuntersuchungen festgestellt werden:

a) daß das verwendete hämolytische System durch alleinigen Zusatz der Extrakte in seiner Wirksamkeit nicht beeinflußt wird, } „Extrakt-Kontrollen“ (Röhrchen 1, 2 und 3.)

b) daß ein aus früheren Versuchen als „sicher negativ“ bekanntes Menschenserum bei richtiger Versuchsanordnung keine Hemmung der Hämolyse bewirkt, } „Standard-Kontrollen“ (Röhrchen 4, 5 und 6.)

c) daß aber durch ein aus früheren Versuchen als „sicher positiv“ bekanntes Menschenserum Hemmung der Hämolyse hervorgerufen wird, } (Röhrchen 7, 8 und 9.)

d) daß ohne Zusatz der Extrakte die zu untersuchenden Flüssigkeiten in der Menge von 1 ccm der Verdünnung 1:5 das hämolytische System in seiner Wirksamkeit nicht beeinträchtigen. } „Serum-Kontrollen“ (Röhrchen 19 bis 28.)

9. Um eine gute Übersicht zu haben, empfiehlt es sich, in den Reagenzglasgestellen die einzelnen, mit den entsprechenden Nummern versehenen Röhrchen so aufzustellen, daß alle das gleiche Serum enthaltenden Röhrchen hintereinander, alle den gleichen Extrakt enthaltenden Röhrchen nebeneinander stehen.

Die Ausführung der Hauptversuche gestaltet sich demnach bei der Untersuchung von drei Krankenseris unter Verwendung von drei Extrakten folgendermaßen:

Röhrchen	Menschenserum (1:5)	Extrakte (A B C) ccm	Komplement (Verdünnung 1:10) ccm	Komplement (Verdünnung 1:20) ccm	Kochsalzlösung ccm	Ambozeptor (Gebrauchsdosis) ccm	Hammelblut ccm
1	—	A 0.5	0.5	—	0,5	0.5	0 5
2	—	B 0 5	0,5	—	0,5	0.5	0.5
3	—	C 0'5	—	0,5	0,5	0.5	0,5
4	neg. Vergl Ser. 0.5	A 0.5	0.5	—	—	0.5	0 5
5	„ „ „ 0.5	B 0.5	0.5	—	—	0 5	0.5
6	„ „ „ 0.5	C 0 5	—	0.5	—	0.5	0 5
7	pos. Vergl. Ser. 0 5	A 0 5	0,5	—	—	0 5	0.5
8	„ „ „ 0 5	B 0.5	0,5	—	—	0.5	0,5
9	„ „ „ 0.5	C 0 5	—	0,5	—	0,5	0 5
10	Krankenser. I 0.5	A 0 5	0 5	—	—	0.5	0.5
11	„ I 0 5	B 0 5	0,5	—	—	0.5	0,5
12	„ I 0 5	C 0 5	—	0,5	—	0.5	0 5
13	Krankenser. II 0 5	A 0,5	0 5	—	—	0,5	0,5
14	„ II 0.5	B 0 5	0.5	—	—	0.5	0.5
15	„ II 0 5	C 0.5	—	0,5	—	0 5	0 5
16	Krankenser. III 0,5	A 0 5	0 5	—	—	0 5	0.5
17	„ III 0 5	B 0 5	0.5	—	—	0.5	0 5
18	„ III 0.5	C 0.5	—	0.5	—	0.5	0,5
19	neg. Vergl. Ser. 1.0	—	0,5	—	—	0.5	0.5
20	„ „ „ 1.0	—	—	0,5	—	0.5	0.5
21	pos. Vergl. Ser 1.0	—	0,5	—	—	0 5	0 5
22	„ „ „ 1.0	—	—	0,5	—	0 5	0.5
23	Krankenser. I 1.0	—	0,5	—	—	0.5	0.5
24	„ I 1.0	—	—	0,5	—	0.5	0,5
25	Krankenser. II 1.0	—	0,5	—	—	0.5	0.5
26	„ II 1.0	—	—	0,5	—	0 5	0 5
27	Krankenser. III 1 0	—	0,5	—	—	0 5	0.5
28	„ III 1 0	—	—	0 5	—	0,5	0.5

Anmerkung: In denjenigen Röhrchen, die 20fach verdünntes Komplement enthalten (also in Röhrchen 3, 6, 9, 12, 15, 18, 20, 22, 24, 26 und 28) ist die Gebrauchsdosis des hämolytischen Ambozeptors eine andere als in den übrigen Röhrchen, in denen die Komplementverdünnung 1 : 10 benutzt wird. Die Gebrauchsdosis ergibt sich aus den in Ziffer 6 beschriebenen Vorversuchen.

Auch bei Benutzung von mehr als drei Extrakten wird immer nur ein Extrakt mit der Komplementverdünnung 1 : 20 angesetzt.

10. Es werden zunächst nur das menschliche Serum, die Extrakte und das Komplement (in den Röhrchen 1, 2 und 3, außerdem die entsprechende Menge Kochsalzlösung) miteinander gemischt und alle Röhrchen 1 Stunde bei 37° C im Brutschrank gehalten. Hierauf erfolgt der Zusatz des sensibilisierten Hammelbluts. Zur Sensibilisierung sind Ambozeptorverdünnung und Hammelblutkörperchenaufschwemmung gut zu mischen und ½ Stunde bei 37° im Brutschrank zu halten.

Die Röhrchen kommen nach kräftigem Durchschütteln ihres nunmehr 2,5 ccm betragenden Gesamtinhalts wiederum in den Brutschrank oder in das auf 37 ° C eingestellte Wasserbad.

Durch zeitweise Betrachtung der Röhrchen wird der Verlauf der Reaktion beobachtet und der Zeitpunkt festgestellt, an dem in den Kontrollröhrchen 1 bis 6 und 19 bis 28 die Blutkörperchen überall völlig gelöst sind. Alsdann wird das Ergebnis festgestellt[1]).

11. Bei der Untersuchung von Lumbalflüssigkeiten werden absteigende Mengen der nicht inaktivierten Lumbalflüssigkeit (0,5—0,4—0,3—0,2—0,1 ccm) mit dem Extrakt gemischt. Es genügt hierbei die Verwendung einer 10fachen Komplementverdünnung und die Benutzung von 2 Extrakten, wobei der 2. Extrakt nur in der Dosis von 0,5 benutzt wird. Die Untersuchung einer Lumbalflüssigkeit gestaltet sich demnach folgendermaßen:

Röhrchen	Lumbal-Flüssigkeit (unverdünnt) ccm	Extrakte (A B) Gebrauchsdosis ccm	Komplement (Verdünnung) 1 : 10 ccm	Kochsalzlösung	Hämolyt. Ambozeptor (Gebrauchsdosis) ccm	Hammelblut 1 : 20 ccm
1	0,5	A 0,5	0,5	—	0,5	0,5
2	0,4	A 0,5	0,5	0,1	0,5	0,5
3	0,3	A 0,5	0,5	0,2	0,5	0,5
4	0,2	A 0,5	0,5	0,3	0,5	0,5
5	0,1	A 0,5	0,5	0,4	0,5	0,5
6	—	A 0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
7	0,5	B 0,5	0,5	—	0,5	0,5
8	—	B 0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
9	1,0	—	0,5	—	0,5	0,5
10	0,6	—	0,5	0,4	0,5	0,5
11	0,4	—	0,5	0,6	0,5	0,5
12	0,2	—	0,5	0,8	0,5	0,5

[1]) Unter Berücksichtigung der Tatsache, daß die Reaktion eine b i o l o g i s c h e ist und als solche trotz Einhaltung aller Kautelen eine gewisse Breite der Beurteilung verlangt, sei auf folgendes hingewiesen:

In den Versuchsreihen, die eine Komplementverdünnung 1 : 20 enthalten, tritt die Hämolyse in der Regel langsamer ein. Bei der Ablesung und Beurteilung müssen daher die Reihen mit der Komplementverdünnung 1 : 10 und 1 : 20 gesondert behandelt werden.

Wenn eine Serumkontrolle mit der Komplementverdünnung 1 : 10 zu einer Zeit nicht gelöst ist zu der die anderen Serumkontrollen bereits gelöst sind, so ist das betreffende Serum als zu stark eigenhemmend nicht zu beurteilen. Die Beurteilung der übrigen in dem gleichen Versuch angesetzten Sera wird dadurch nicht beeinträchtigt.

Die Eigenhemmung des Serums ist zuweilen bei der Komplementverdünnung 1 : 20 ausgesprochener als bei der Komplementverdünnung 1 : 10. Die Ergebnisse bei Verwendung 20fach verdünnten Komplements (Extrakt C) sind dann mit entsprechender Vorsicht zu verwerten und müssen unter Umständen (bei unzureichender Lösung in den Kontrollen) bei der Beurteilung ausgeschieden werden. (Siehe Ziffer 13.)

Steht von der Lumbalflüssigkeit zu wenig Material zur Verfügung, so genügt unter Umständen, falls nicht eine Herabsetzung der Flüssigkeitsmengen der einzelnen Komponenten auf die Hälfte vorgezogen wird (vgl. Ziffer 5, Absatz 2) das Arbeiten mit 1 Extrakt. In diesem Falle scheiden also die Röhrchen 7 und 8 aus.

Im übrigen gilt für die Untersuchung von Lumbalflüssigkeiten das Gleiche, was unter Ziffer 10 für die Serumuntersuchung gesagt ist.

12. Der Ausfall der Reaktion in den einzelnen Röhrchen ist in den Befundniederschriften überall gleichmäßig in folgender Weise zu verzeichnen:

++++ bedeutet: Blutkörperchen ungelöst, darüberstehende Flüssigkeit farblos.
+++ bedeutet: Blutkörperchen fast ungelöst, darüberstehende Flüssigkeit schwach rosa gefärbt.
++ bedeutet: zu etwa ½ gelöst: sogenannte „Große Kuppe".
± bedeutet: zu ¾ oder mehr gelöst: sogenannte „Kleine Kuppe".
— bedeutet: völlig gelöst: klare, lackfarben-rote Flüssigkeit.

Beurteilung der Befunde.

13. Die Reaktion darf nur dann als positiv bezeichnet werden, wenn die Kontrollen vollständig gelöst sind, d. h. wenn diejenigen Röhrchen, welche die doppelte Menge der Untersuchungsflüssigkeit (ohne Extrakt) und die einfache Extraktmenge (ohne Serum) enthalten, völlige Auflösung der Blutkörperchen aufweisen. Ist in den Serumkontrollen nicht völlige Hämolyse eingetreten, so kommen folgende Möglichkeiten in Betracht:

a) In den Hauptversuchsröhrchen (Extrakt + Untersuchungsflüssigkeit enthaltend) ist die Lösung der roten Blutkörperchen vollständig oder mindestens ebenso stark, wie in den Kontrollen eingetreten: das Ergebnis ist dann als negativ zu bezeichnen.

b) In den Hauptversuchsröhrchen ist vollständige Hemmung der Hämolyse oder stärkere Hemmung als in den Kontrollen eingetreten: das Ergebnis ist dann offen zu lassen. In diesen verhältnismäßig seltenen Fällen kann durch Wiederholung der Versuche mit absteigenden Serummengen unter Umständen noch ein eindeutiges positives Ergebnis erhalten werden.

Im übrigen gelten für die Beurteilung der Untersuchung folgende Grundsätze:

Das Ergebnis ist als „positiv", „verdächtig" oder „negativ" zu bezeichnen. Bei dem biologischen Charakter der Methode soll der Erfahrung und dem Ermessen des Untersuchers ein gewisser Spielraum gelassen werden. Insbesondere wird es sich für die Entscheidung nicht selten empfehlen, mit der gleichen Probe am nächsten Tage die Untersuchung mit absteigenden Serummengen zu wiederholen.

Bei dem Ergebnis „verdächtig" empfiehlt es sich, die Einsendung einer neuen Blutprobe nach etwa 14 Tagen zu veranlassen.

A. Beurteilung der mit Blutserum angestellten W a s s e r m a n n s c h e n Reaktion.

Das Serum ist als positiv zu bezeichnen, wenn bei der Mehrzahl der verwendeten Extrakte (also bei Verwendung von 3 Extrakten bei 2 Extrakten, bei der Verwendung von 5 Extrakten bei 3 Extrakten) völlige oder fast völlige Hemmung der Hämolyse festzustellen war (++++ oder +++).

Ist nur bei der Minderheit der verwendeten Extrakte völlige Hemmung festzustellen, oder ist bei allen bzw. der Mehrzahl der Extrakte eine Kuppe (++ oder +) vorhanden, so ist das Serum als „verdächtig“ zu bezeichnen. Ergibt sich aus der Anamnese früher festgestellte Lues, so ist das Ergebnis nach der positiven Seite zu deuten.

Ist Hemmung der Hämolyse nur bei demjenigen Extrakte vorhanden, der mit 20fach verdünntem Meerschweinchenserum angesetzt wird, so darf das Ergebnis nicht als positiv, sondern nur als verdächtig bezeichnet werden

Im übrigen sind für die Beurteilung die unter Ziffer 7 zur Komplementfrage beschriebenen Ausführungen sinngemäß zu berücksichtigen.

B. Beurteilung der mit Lumbalflüssigkeit angestellten Wassermannschen Reaktion (vgl. Ziffer 11)

Der Befund ist als positiv zu bezeichnen, wenn bei 1 Extrakte vollständige Hemmung der Hämolyse eingetreten ist. Es genügt hierbei, wenn das in denjenigen Röhrchen, die die größte Menge Lumbalflüssigkeit enthalten, der Fall ist. Die Versuchsreihen müssen regelmäßig verlaufen, d. h. der Hemmungsgrad muß mit absteigender Menge der Lumbalflüssigkeit (Röhrchen 1 bis 5) gleichbleiben oder abnehmen.

Ist die Hemmung der Hämolyse nur partiell, aber auch in den nur die geringeren Lumbalflüssigkeitsmengen enthaltenden Röhrchen vorhanden, so ist das Ergebnis im allgemeinen als verdächtig und nur bei hinreichend anamnestischen Angaben bzw. bei gleichzeitig positivem Ausfall der Wassermannschen Reaktion mit Blutserum desselben Kranken als positiv zu bezeichnen. Ist nur bei Verwendung der größten Lumbalflüssigkeitsmengen partielle Hemmung der Hämolyse eingetreten, so ist die Lumbalflüssigkeit als negativ bzw. unter Umständen (klinisch anamnestische Angaben) als verdächtig zu bezeichnen.

Sollen zum Zwecke der klinischen Differentialdiagnostik (sogenannte Auswertungsmethode) die geringsten Mengen der Lumbalflüssigkeit, die noch positiv reagiert haben, bzw. die größten Mengen mit negativer Reaktion bezeichnet werden, so sind die sich aus der unter Ziffer 11 angeführten Tabelle ergebenden Zahlenwerte bei der Angabe zu verdoppeln. (Also 1,0—0,8—0,6—0,3—0,2 ccm.)

Listenführung.

14. In den Listen, die von den Untersuchungsstellen über die ausgeführten Untersuchungen zu führen sind, müssen Herstellungsstätte, Operationsnummer und Verdünnungsgrad bzw. Gebrauchsdosen der Extrakte und des hämolytischen Ambozeptors angegeben werden, mit denen die einzelnen Untersuchungen ausgeführt sind.

Die Regeln, die die vorstehende Anleitung enthält, stellen auf experimenteller Grundlage ruhende und durch Erfahrung bewährte Vorschriften für die Methodik der Wassermannschen Reaktion dar. Wenn daher die hier beschriebene Methodik als Mindestforderung für öffentliche und amtliche Untersuchungen betrachtet werden muß, so soll damit nicht ausgeschlossen werden, daß neben ihr bzw. zu ihrer Ergänzung auch andere Methoden angewandt werden können.

Für alle diese zusätzlich ausgeführten besonderen Verfahren bleibt aber auch die grundsätzliche Verantwortung dem ausführenden Untersucher überlassen. Insbesondere ist zu betonen, daß die staatlich geprüften Extrakte in ihren Gebrauchsdosen bzw. in den Verdünnungsgraden nur für die hier beschriebene Methodik bestimmt sind, und daß daher die quantitativen Zahlenangaben keineswegs für irgendwelche Abänderung der Technik und Methodik Geltung beanspruchen können.

5. Bestimmung des phagozytischen und opsonischen Index nach Wright.

Hierzu wird gebraucht 1. Blutserum eines Kranken, 2. einer normalen Person, 3. gewaschene Blutkörperchen (Leukozyten) und 4. eine Aufschwemmung der betreffenden Bakterien.

Das Blut zur Serumbereitung wird durch Stich aus einem gesäuberten Ohrläppchen oder der Fingerkuppe mit einer Kapillare entnommen. Zur Gewinnung der Leukozyten werden einige Tropfen Normalblut in einer kleinen Glastube aufgefangen, die zu ⅔ mit einer 1,5%igen Lösung von Natrium citricum gefüllt ist, gut mit der Lösung gemischt und dann zentrifugiert, bis die Blutkörperchen sich abgesetzt haben. Die klare Flüssigkeit wird abpipettiert, die Blutkörperchen mit 0,85%iger Kochsalzlösung gemischt, wieder zentrifugiert und die Flüssigkeit abpipettiert. In der geringen noch nachbleibenden Flüssigkeit werden die Blutkörperchen durch Schütteln gut gemischt und sind dann gebrauchsfähig. Zur Aufschwemmung der Bakterien wird 1 Öse einer 24stündigen Agarkultur mit wenig 0,85%iger Kochsalzlösung verrieben. Bei Tuberkelbazillen benutzt man die abgetöteten, getrockneten Tuberkelbazillen der Höchster Farbwerke. Bei Streptokokken müssen die Ketten durch Schütteln mit Glasperlen zerrieben werden. Zur Ausführung der Reaktion zieht man eine Glasröhre zur Kapillare aus. Auf der Kapillare macht man etwa 1,5 cm vom Ende entfernt eine Marke, saugt nun (mit einem Gummihütchen, das auf das Rohr gesetzt wird) zunächst bis zu der Marke Blutkörperchen auf. Dann wird eine kleine Luftblase eingesaugt, dann Patientenserum bis zur Marke, Luftblase, Bakterienemulsion. Die ganze in der Kapillare befindliche Flüssigkeit wird dann auf einen gut gereinigten Objektträger ausgedrückt, so daß ein Tropfen entsteht. Durch mehrmaliges Aufsaugen und wieder Ausdrücken mischt man alles gut durch, saugt wieder bis zur Hälfte der Kapillare ein, und bringt diese, nachdem man das Ende zugeschmolzen, 20 Minuten in einen Thermostaten von 37°. Nach dieser Zeit, die genau innegehalten werden muß, bringt man den Tropfen wieder auf einen Objektträger und streicht ihn mittels des „Ausbreiters“, eines quer durchgebrochenen Objektträgers mit leichter Konkavität, aus, fixiert mit gesättigter Sublimatlösung 2—3 Minuten lang und färbt. Nunmehr werden die in etwa 100 Leukozyten enthaltenen Bakterien gezählt. Die gefundene Zahl durch die Zahl der Leukozyten dividiert ergibt den *phagozytischen* Index. — Zur Bestimmung des *opsonischen* Index verfährt man genau so unter Benutzung eines normalen Serums. Division des phagozytischen Index des Patienten durch den phagozytischen Index eines Normalen ergibt den opsonischen Index. Ist dieser größer als 1, so bedeutet das Steigerung des opsonischen Index gegenüber dem normalen, ist er kleiner als 1, so besteht Herabsetzung.

II. Spezielle parasitologische Diagnostik.

1. Abdominaltyphus.

Anleitung für die bakteriologische Feststellung des Typhus (und Paratyphus) für die zur Typhusbekämpfung eingerichteten Untersuchungsämter[1]).

I. Zur Untersuchung geeignetes Material.

1. Stuhlgang;

2. Harn;

3. Blut aus Roseolaflecken (gewonnen durch oberflächliche Skarifikation der Flecken);

4. Auswurf;

5. eitrige Absonderungen oder entzündliche Ausschwitzungen jeder Art;

6. Blut (a) durch Stich in das Ohrläppchen, b) ausnahmweise durch Punktion der Armvene in der Menge von 2—3 ccm gewonnen);

7. beschmutzte Wäschestücke (u. a. Windeln), namentlich bei heftigen Durchfällen;

8. von Leichen: Milz oder auch (bei nicht gestatteter Obduktion) Milzsaft, durch Aspiration mit einer Injektionsspritze gewonnen, Dünndarmschlingen oder Darminhalt (namentlich vom Zwölffingerdarm), Gekrösdrüsen, Galle, Inhalt von Eiterherden, Lunge, Inhalt der Luftröhrenäste;

9. Wasser in der Menge von 3—5 Liter aus Kesselbrunnen a) von der Oberfläche, b) nach vorherigem Aufrühren des Grundes.

II. Gang der Untersuchung.

A. Kultur.

1. Zu I. 1, 4, 5, 7, 8. Anlegung von mindestens 2 Serien Platten auf v. Drigalski-Conradischem- oder Endo-Nährboden (s. unten), Züchtung bei 37° 18 bis 24 Stunden lang oder 2—3 Tage bei Zimmertemperatur.

Der Oberflächenausstrich geschieht mit Hilfe des v. Drigalskischen Glasspatels, nachdem der Stuhlgang mit steriler 0,8%iger Kochsalzlösung verdünnt und verrieben ist.

Von jeder Stuhlprobe werden zweckmäßig wenigstens 2 Plattenserien angelegt. Es empfiehlt sich, eine von den beiden Serien so anzulegen, daß die Öse Stuhlgang usw. in 4—6 Tropfen Bouillon oder Sochsalzlösung aufgeschwemmt und jeder Tropfen auf 1—2 Platten verteilt wird.

2. Zu I. 2. Untersuchung wie bei II. Die Aussaat erfolgt

bei Harn, der durch Bakterien getrübt ist, unmittelbar in Menge von mehreren Ösen;

bei klarem Harn zentrifugiert man und sät den Bodensatz aus.

---

[1]) Teilweise abgedruckt aus den „Veröffentl. des Kaiserl. Gesundheitsamts" 1904, Nr. 49.

3. Zu I. 3 und I. 6a und 6b. Aussaat in schwach alkalischer Fleischwasserpeptonbrühe, bei 3 und 6a in Röhrchen mit etwa 10 ccm Brühe, bei 6b in Kolben mit etwa 150 ccm Brühe. Züchtung bei 37 ^{0}; nach etwa 20 Stunden Aussaat auf Platten wie unter II. 1.

Anreichungsverfahren nach Kayser und Conradi: 1—2,5 ccm Blut werden zu 5 ccm sterilisierter Rindergalle, der eventuell noch je 10 % Pepton und Glyzerin beigemengt ist, zugesetzt. 12—24 Stunden bei 37 ^{0} bebrütet, dann Aussaat auf Platten. Diese Gallenmischung empfiehlt sich bei Versendung des Blutes. (Gebrauchsfertige Röhrchen von E. Merck-Darmstadt oder F. und M. Lautenschläger-Berlin erhältlich.) Auch das bei der Blutentnahme für die Widalprobe sich ergebende Blutgerinnsel kann zum Nachweis der Typhusbazillen benutzt werden, eventuell nach Anreicherung im Gallenröhrchen. — Zur Versendung des Blutes an die Untersuchungsstation kann man auch in Ermangelung von Galle das Blut in ein steriles Gläschen mit ausgekochtem Leitungswasser laufen lassen. Das Blut löst sich darin auf und dient den Bazillen zur Nahrung.

4. Zu I. 9. Es empfiehlt sich, das Wasser, namentlich wenn es klar ist, vor der Verarbeitung einige Tage bei Zimmertemperatur stehen zu lassen, alsdann einen bis mehrere Kubikzentimeter Wasser von der Oberfläche zu entnehmen und auf je eine Platte zu verteilen.

Die auf den in der beschriebenen Weise angelegten Platten gewachsenen Kolonien werden zunächst durch Betrachtung mit dem unbewaffneten Auge auf Größe, Farbe und Durchsichtigkeit geprüft. Die auf Typhusbazillen verdächtigen Kolonien werden sodann auf dem Deckglas auf ihr Verhalten gegenüber stark agglutinierendem Typhusserum in einer Verdünnung 1 : 100 makroskopisch untersucht und Reinkulturen von einer Anzahl derselben auf schräg erstarrtem, alkalischem Fleischwasserpeptonagar angelegt. (Die Erkennung etwaiger Paratyphuskolonien wird erleichtert, wenn man die stehengebliebenen Platten nach einigen Tagen nochmals durchmustert = Schleimbildende Kolonien.)

Zur genaueren Bestimmung einer auf die beschriebene Weise gezüchteten Reinkultur dient

a) Prüfung auf Gestalt und Beweglichkeit,
b) die Agglutinationsprobe (s. B. 1),
c) Züchtung auf 1. Bouillon, 2 schräg erstarrter Gelatine, 3. Neutrairot-Traubenzuckeragar, 4. Lackmusmolke,
d) Züchtung auf Kartoffeln,
e) „ „ Gelatineplatten
f) der Pfeiffersche Versuch

— kommen nur in Frage, wenn Zweifel bleiben oder die Typhuskolonie aus Wasser, Dung oder einem anderen ungewöhnlichen Medium stammt.

Von jeder festgestellten Typhuskultur ist mindestens eine höchstens 20stündige Reinkultur auf schräg erstarrtem, alkalischem Fleischwasserpeptonagar durch Zuschmelzen des Röhrchens luftdicht zu verschließen und für die spätere Nachprüfung, vor Licht geschützt, einen Monat lang bei Zimmertemperatur aufzubewahren.

B. Agglutinationsprobe.

Diese dient:

1. a) Zur orientierenden Vorprüfung einer verdächtigen Kolonie (s. oben unter 4), sowie

b) zur endgültigen Bestimmung der aus ihr herausgezüchteten Reinkultur: Von einem agglutinierenden Typhusserum mit bekanntem, hohem Titer mischt man 0,05 ccm mit 4,95 Kochsalzlösung (= 1 : 100) in einem Reagenzröhrchen, legt hiervon weitere Verdünnungen 1 : 200, 400, 800 usw. bis zur Titergrenze an und reibt in je 1 ccm dieser Verdünnungen 1 Öse 18stündige Kultur hinein. Tritt bei 37° nach längstens 3 Stunden Agglutination bis nahe an die Titergrenze ein, so handelt es sich um Typhus; wenn nicht trotz charakteristischen kulturellen Verhaltens, so kann der Stamm zu den schwer agglutinablen gehören und ist nach einigen, auf Agar fortgezüchteten Generationen nochmals zu prüfen.

2. Zur Prüfung des Serums eines typhusverdächtigen Menschen auf Typhus-Agglutinine (Widalsche Reaktion): Von dem (nach obiger Vorschrift gewonnenen) Blutserum werden 0,2 ccm mit 1,8 ccm Kochsalzlösung (= 1 : 10) gemischt, davon weitere Verdünnungen 1 : 50, 1 : 100, 1 : 200 und 1 : 400 hergestellt und in je 1 ccm jeder Verdünnung 1 Öse 18stündige Kultur verrieben. Tritt bei 37° nach längstens 3 Stunden bei 1 : 100 Agglutination ein, so hat der Untersuchte Typhus oder eine solche Infektion überstanden. Nur zuweilen bei Pneumonie und häufiger Ikterus kann die Reaktion auch positiv ausfallen, ohne daß eine Typhus-Infektion vorliegt. Ferner können Typhus-Agglutinine als Mitagglutinine bei einer Erkrankung an Paratyphus entstehen; liegt Anlaß zu einem solchen Verdacht vor, so ist das Serum auch mit Paratyphusbazillen zu prüfen und festzustellen, für welche Bakterien ein stärkerer Agglutiningehalt besteht; evtl. ist der Castellanische Versuch anzustellen. — Bleibt die Reaktion trotz dringenden Verdachts der Typhus-Infektion aus, so kann entweder die Untersuchung verfrüht sein (in der ersten Krankheitswoche bilden 30 % der Patienten noch kein Agglutinin) und muß später wiederholt werden; oder es werden ausnahmsweise überhaupt keine Agglutinine gebildet.

Nach der Schutzimpfung zeigen auch Gesunde noch lange Zeit stärkere Agglutination. Bei wiederholter Blutuntersuchung geht aber hier die Reaktion eher zurück, während sie in Krankheitsfällen rasch zunimmt.

C. Pfeifferscher Versuch.

S. oben im Abschnitt „Serodiagnostik".

III. Beurteilung des Befundes.

Eine vorläufige Diagnose auf Typhus kann gestellt werden bei charakteristischer Beschaffenheit der Kolonien auf dem v. Drigalski-Conradischen Nähragar (s. unten) und bei positivem Ausfall der Agglutinationsprobe im hängenden Tropfen. Derartige Fälle sind unter Vorbehalt sofort als Typhus zu melden.

Zur endgültigen Feststellung des Typhus ist der positive Ausfall der sämtlichen unter II A und B angeführten Proben ausreichend; bestehen nach Vornahme dieser Proben noch Zweifel über die Art der gezüchteten Bakterien, so ist der Pfeiffersche Versuch vorzunehmen.

Zeigt das Serum der untersuchten Person in einer Verdünnung von 1 : 100 mit Typhus- oder Paratyphusbazillen positive Reaktion, so ist der Fall als typhus-

verdächtig zu melden, wenn auch nur geringe Krankheitserscheinungen vorliegen oder ein Zusammenhang mit Typhusfällen nachweisbar ist.

Anhang: Nährbodenbereitung.

I. Herstellung des Nährbodens zum Nachweis der Typhusbazillen nach v. Drigalski-Conradi (berechnet auf 2 Liter).

1,5 kg fettfreies gehacktes Pferdefleisch werden 24 Stunden mit 2 Liter kaltem Wasser ausgezogen. Das abgepreßte Fleischwasser wird 1 Stunde gekocht, dann filtriert und mit 20 g Pepton sicc. Witte, 20 g Nutrose, 10 g Kochsalz versetzt. Darauf wieder gekocht und filtriert. Dann werden 60—70 g zerkleinerten Stangenagars zugesetzt. Die Lösung wird 3 Stunden lang im Dampftopf gekocht, schwach gegen Lackmuspapier alkalisiert, filtriert und wieder ½ Stunde gekocht. Nachdem die Lösung etwas abgekühlt ist, wird sie mit 300 ccm Lackmus-Milchzuckerlösung (Lackmuslösung von O. Kahlbaum, Berlin, 300 ccm 10 Minuten gekocht, dazu Milchzucker 30 g abermals 10 Minuten kochen) versetzt, gut umgeschüttelt und dazu soviel einer sterilen Lösung von 10 % wasserfreier Soda in Wasser zugesetzt, daß der beim Schütteln entstehende Schaum blauviolett wird. Dann fügt man noch 20 ccm frisch bereiteter Lösung von 0,1 g Krisatllviolett B (Höchst) in 100 ccm warmer steriler Aqu. dest. hinzu. Die fertige Mischung wird in Mengen von etwa 200 ccm in Erlenmeyerschen Kölbchen aufbewahrt und zum Gebrauch nach Erwärmen in Petrische Doppelschalen gegossen.

Auf diesem Drigalski-Conradischen Agar wachsen Typhuskolonien 1—3 mm groß, blau, glasig, nicht doppelt konturiert, tautropfenähnlich, ebenso Paratyphus-Kolonien. Colikolonien, 2—6 mm, leuchtend rot, nicht durchsichtig.

II. Bereitung des Neutralrotagars.

Zu 100 g gewöhnlichen oder besser noch 0,5%igem Nähragars werden 0,3 g Traubenzucker und 1 ccm einer kalt gesättigten wäßrigen Lösung von Neutralrot hinzugesetzt.

Typhusbazillen lassen die Farbe des Agars unverändert und bilden kein Gas, bei den Coliarten tritt Verfärbung des Agars unter Bildung eines gelbgrünen fluoreszierenden Farbstoffes und Vergärung des Traubenzuckers unter Gasbildung ein.

III. Bereitung der Lackmusmolke.

Milch wird mit der gleichen Menge Wasser verdünnt, schwach erwärmt, und dann mit so viel schwacher Salzsäure versetzt, daß alles Kasein ausfällt. Ein Überschuß von Salzsäure ist zu vermeiden. Abfiltrieren vom Niederschlag, das Filtrat genau mit Sodalösung neutralisieren, 1—2 Stunden im Dampf kochen, wieder filtrieren und mit Lackmustinktur versetzen, so daß die Flüssigkeit im Reagenzglas einen neutral violetten Farbenton zeigt. Besser ist die von Seitz empfohlene künstliche Lösung von 20 g Milchzucker, 0,4 Traubenzucker, 0,5 Dinatriumphosphat, 2,0 dreibasisches Natriumzitrat, 1,0 Ammonsulfat, 5,0 Kochsalz, 0,05 Wittepepton, 0,25 Azolithmin (Kahlbaum), 1000 Aqu. dest. Nicht über ½ Stunde

bei 100° sterilisieren. — Typhusbazillen bilden nur ganz wenig (höchstens 3 % $^1/_{10}$ Normalsäure) Säure; Coli reichliche Mengen.

Von manchen Autoren wird statt des v. Drigalski-Conradischen Nährbodens oder neben diesem der Endosche Nährboden verwendet.

Bereitung: 1 Liter 3%iger Agar, neutralisiert und mit 10 ccm 10%iger Sodalösung alkalisiert, wird versetzt mit 10 g chemisch reinem Milchzucker und 5 ccm gesättigter alkoholischer filtrierter Fuchsinlösung; dann mit 25 ccm frisch bereiteter 10%iger Natriumsulfitlösung. Aufbewahrung des heiß rosa gefärbten, kalt ganz oder fast farblosen Nährbodens im Dunkeln. Ausgießen und Besäen wie bei Drigalski-Nährboden. Besichtigung nach 20—24 Stunden bei 37°. Typhus- und Paratyphuskolonien farblos, Colikolonien intensiv rot gefärbt.

Oder: Bitters Chinablaunährboden, auf dem Säurebildner blau, Ty farblos oder gelblich wachsen.

Nach Löffler empfiehlt sich besonders folgendes Verfahren:

Zunächst Züchtung auf Bouillonnutroseagar mit Zusatz von 3 % Rindergalle und 1,9 % einer 0,2%igen Lösung von „Malachitgrün cryst. chem. rein (Höchst)". Typhuskolonien nach 20—24 Stunden kleine matte Fleckchen, mikroskopisch von eigenartig geschnörkeltem Wachstum mit ausgesprochener Furchenbildung. Colikolonien spärlich und kümmerlich gewachsen.

Darauf Überimpfen der verdächtigen Kolonien in kleine Röhrchen mit je 3 ccm „Typhuslösung I" (Nutrose 1 %; Pepton 2 %; Traubenzucker 1 %; Milchzucker 5 %; Malachitgrün 120 Höchst, 2%ige Lösung, 3 %; Normalkalilauge 1,6 %). In dieser Lösung tritt nach etwa 20 Stunden durch Typhusbazillen Gerinnung auf. Endgültige Bestätigung durch Prüfung der aus dem Röhrchen gewonnenen Reinkultur mit Agglutination usw.

Bei Paratyphusverdacht werden die verdächtigen Kolonien in „Paratyphuslösung" gebracht (Nutrose, Pepton, Milchzucker wie oben; 1,5 % Normalkalilauge und 3 ccm einer 2%igen Malachitgrün 120-Lösung). Paratyphus bewirkt keine Gärung, aber allmähliche Entfärbung (helles Gelb); Coli vergärt, Typhus läßt unverändert. Endgültige Differenzierung mittels spezifischer Sera.

2. Bazilläre Dysenterie.

1. Stuhl. Untersuchung möglichst schnell nach der Entleerung; am besten Geschwürssekret nach unmittelbarer Entnahme mittels Mastdarmspiegels oder Schleim aus dem Darmspülwasser nach Spülung im Anschluß an eine Defäkation. Bei längerem Transport des Untersuchungsmaterials empfiehlt sich die Versendung in einem Gemisch von 80 Teilen steril. Rindergalle + 20 Teilen alk. Bouillon.

a) Mikroskopisch: Untersuchung von Schleim- oder Eiterflöckchen auf plumpe, in oder neben (zahlreichen) Leukozyten liegende Stäbchen.

b) Kulturell: In sterilem Wasser abgespülte Schleim- oder Eiterflöckchen, werden auf Drigalki-Platten oben angebener Zusammensetzung, aber ohne Kristallviolett, ausgestrichen. Nach 24—48 Stunden werden verdächtige, typhusähnliche Kolonien im hängenden Tropfen untersucht und ihre Agglutinier-

barkeit mit Kruse-, Flexner- und Y-Serum vorgeprüft. Unbewegliche und evtl. positiv reagierende Kolonien werden auf Schrägagar, Milch, Neutralrotagar, Lackmusmolke, Lackmusnutrose-Mannit-, -Maltose- und -Rohrzucker-Agar übergeimpft. Die Differentialdiagnose ist dann nach folgender Tabelle ermöglicht:

	Lackmus-Nutrose-Agar		
	Mannit	Maltose	Rohrzucker
Ruhr Kruse	blau	blau	blau
„ Flexner	rot	rot	rot
„ Y	rot	blau	blau

Von der Schrägagarkultur wird gemäß dem Ausfall der orientierenden Vorprüfung die quantitative Agglutination wie bei Typhus ausgeführt. Kruse-Serum agglutiniert nur Kruse-Bazillen, Pseudodysenterie-Serum niemals Kruse-Bazillen, aber meist außer der zugehörigen Pseudorasse auch, obschon weniger hoch, andere Pseudodysenterie-Rassen.

Schließlich kann auch der Tierversuch zur Differentialdiagnose verwertet werden: 1 Öse Kultur des Kruse-Bazillus tötet nach intravenöser Injektion Kaninchen unter Lähmungen, während die Pseudobazillen keine Wirkung ausüben.

2. Blutserum des Kranken. Gewinnung des Serums, Technik usw. wie bei Typhus. Doch gilt schon Agglutination bei 1 : 50 als positiv. Die Reaktion tritt vom 5. Krankheitstage an auf und ist nur bei echter Dysenterie sicher, da Pseudodysenterie-Bazillen oft auch durch normales Serum hoch agglutiniert werden.

Nach dem Vorgange von Lentz und Uhlenhuth kann man für die Untersuchung auf Typhus, Paratyphus und Ruhr die verschiedenen Verfahren folgendermaßen kombinieren:

Von dem mit Kochsalzlösung verrührten Stuhl wird 1 Tropfen auf einer Endo- oder Drigalski-Platte und 6—8 Tropfen auf einer Malachitgrün-Platte nacheinander mit demselben Spatel verteilt. Trocknen; 20—24 Stunden, 37 °. Ergibt die Endo- bzw. Drigalski-Platte kein positives Resultat, so wird die Malachitgrün-Platte mit so viel Kochsalzlösung übergossen, daß die Oberfläche eben bedeckt ist, dann 10 Minuten stehen gelassen und hierauf 15 Minuten schräg gestellt. Von der Oberfläche der Kochsalzlösung werden danach mit einem Spatel aus 1 Tropfen zwei neue Endo-Platten angelegt.

Nach 24—48 Stunden wird auf einem Objektträger in eine Reihe je 1 Tropfen Typhus-, Paratyphus A- und B-, Ruhrserum (1 : 100) und Kochsalzlösung mittels Platinöse aufgebracht, Proben der verdächtigen Kolonien darin verrieben und nach 1 Minute mit Lupe betrachtet. Der Rest der Agglutination zeigenden Kolonien wird auf Schrägagar, Milch, Neutralrotagar, Lackmusmolke, Lackmusmannit, evtl. noch auf 2 % Traubenzuckerbouillon, Lackmus-Nutrose-Milchzucker (Barsiekow I) und Lackmus-Nutrose-Mannit (B II), Kartoffeln und Langes Nährboden verimpft. Endgültige Entscheidung durch quantitative Agglutination der Schrägagarkulturen, evtl. Pfeifferschen Versuch.

3. Cholera[1]).

A. Entnahme des Materials.

a) Vom Lebenden.

Etwa 50 ccm der Ausleerungen[2]) werden ohne Zusatz eines Desinfektionsmittels oder auch nur von Wasser aufgefangen. Ferner wird auf eine Anzahl Deckgläschen — von jeder Probe 6 — je ein kleines Tröpfchen der Ausleerungen, womöglich ein Schleimflöckchen, gebracht, mit einer Skalpellspitze fein verteilt und dann mit der bestrichenen Seite nach oben zum Trocknen hingelegt (Ausstrichpräparate). Endlich empfiehlt es sich, gleich an Ort und Stelle drei schräg erstarrte Agarröhrchen (ein Original und zwei Verdünnungen) mit einer Öse des Darminhalts oberflächlich zu impfen und mitzusenden. Die hierzu erforderlichen Agarröhrchen sind von der nächsten Untersuchungsstelle zu beziehen.

Frisch mit Ausleerung beschmutzte Wäschestücke werden wie Proben von Ausleerungen behandelt.

Handelt es sich um nachträgliche Feststellung eines abgelaufenen choleraverdächtigen Falles, so kann diese durch Untersuchung einer Blutprobe vermittelst des Pfeifferschen Versuchs und der Agglutinationsprobe geschehen. Man entnimmt mindestens 3 ccm Blut durch Venenpunktion am Vorderarm oder mittels keimfreien Schröpfkopfes und sendet es in einem keimfreien zugeschmolzenen Reagenzglas ein. Scheidet sich das Serum rasch ab, so kann zur besseren Haltbarmachung Phenol im Verhältnisse von 1 : 200 hinzugesetzt werden: z. B. 0,1 ccm einer 5%igen Lösung von Karbolsäure auf 0,9 ccm Serum.

b) Von der Leiche.

Die Öffnung der Leiche ist sobald als möglich nach dem Tode auszuführen und in der Regel auf die Eröffnung der Bauchhöhle und Herausnahme von drei Dünndarmschlingen zu beschränken. Zu entnehmen und einzusenden sind drei doppelt unterbundene 15 cm lange Stücke, und zwar aus dem mittleren Teile des Ileum, etwa 2 cm oberhalb sowie unmittelbar oberhalb der Ileocökalklappe. Besonders wertvoll ist das letztbezeichnete Stück, welches daher bei der Sendung niemals fehlen sollte.

Bez. der Auswahl der Gefäße und der Versendung s. die „Anweisung“.

Anleitung für die bakteriologische Feststellung der Cholera.

1. Untersuchungsverfahren.

1. Mikroskopische Untersuchung
   a) von Ausstrichpräparaten (wenn möglich von Schleimflocken). Färbung mit verdünnter Karbolfuchsinlösung (1 : 9);

---

[1]) Genaueres siehe in der „Anweisung des Bundesrates zur Bekämpfung der Cholera“.

[2]) Ist keine freiwillige Stuhlentleerung zu erhalten, so gelingt es in der Regel, sie durch Einführung von Glyzerin zu bewirken.

b) eines hängenden Tropfens, anzulegen mit Peptonlösung, sofort und nach halbstündigem Verweilen im Brütschranke bei 37° frisch und im gefärbten Präparate zu untersuchen.

2. Gelatineplatten.

Menge der Aussaat eine Öse (womöglich eine Schleimflocke), zu den Verdünnungen je drei Ösen. Zwei Serien zu je drei Platten anzulegen, nach 18stündigem Verweilen im Brütschranke bei 22° bei schwacher Vergrößerung zu untersuchen, Klatsch- eventuell Ausstrichpräparate und Reinkulturen herstellen.

(Wegen Zubereitung der Gelatine s. Anhang Nr. 1.)

3. Agarplatten[1]).

Menge der Aussaat eine Öse, mit welcher die Oberflächen von drei Platten nacheinander bestrichen werden. Zur größeren Sicherheit ist diese Aussaat doppelt anzulegen. Es kann auch statt dessen so verfahren werden, daß eine Öse des Aussaatmaterialr in 5 ccm Fleischbrühe verteilt und hiervon je eine Öse auf je eine Platte übertragen wird; in diesem Falle genügen drei Platten. Nach 12—18stündigem Verweilen im Brütschranke bei 37° zu untersuchen wie bei 6. — Außerdem auf Blutagar nach Dieudonné und Esch.

(Wegen Zubereitung des Agars und Blutagars s. Anhang Nr. 2.)

4. Anreicherung mit Peptonlösung

a) in Röhrchen mit je 10 ccm Inhalt. Menge der Aussaat eine Öse, Zahl der Röhrchen 6; nach 6-, 12- und 18stündigem Verweilen im Brütschranke bei 37° mikroskopisch zu untersuchen; bei Entnahme der Probe darf das Röhrchen nicht geschüttelt werden; von einem Röhrchen, welches am meisten verdächtig ist, Cholerabakterien zu enthalten, werden für die weitere Untersuchung mit je einer von der Oberfläche der Flüssigkeit entnommenen Öse drei Peptonröhrchen geimpft und je eine Serie Gelatine- und Agarplatten angelegt. Die Peptonröhrchen sind vor der Impfung im Brütschrank bei 37° vorzuwärmen;

b) im Kölbchen mit 50 ccm Peptonlösung. Menge der Aussaat 1 ccm Kot, Zahl der Kölbchen 1; nach 6-, 12- und 24stündigem Verweilen im Brütschranke bei 37° zu untersuchen wie bei a).

(Wegen Zubereitung von Peptonlösung s. Anhang Nr. 3.)

5. Anlegen von Reinkulturen.

Dasselbe erfolgt in der bekannten Weise, am besten von der Agarplatte aus, durch Fischen und Anlegen von Gelatinestichkulturen und Kulturen auf schräg erstarrtem Agar.

6. Prüfung der Reinkulturen

a) durch Prüfung der Agglutinierbarkeit (s. oben „Serodiagnostik“);
b) durch den Pfeifferschen Versuch (s. ebenda).

---

[1]) Die Agarplatten müssen, ehe sie geimpft werden, eine halbe Stunde bei 37° im Brütschranke mit der Fläche nach unten offen gehalten werden.

II. Gang der Untersuchung.

1. Bei dem ersten Krankheitsfall an einem Orte.

Es sind sämtliche Verfahren anzuwenden, und zwar in folgender Reihenfolge: 1. Impfung der Peptonröhrchen, 2. Herstellung der mikroskopischen Präparate, 3. Anfertigung der Gelatine-, Agar- und Blutagarplatten, 4. Untersuchung der mikroskopischen Präparate, 5. Herstellung von Reinkulturen, 6. Prüfung derselben vermittelst des Agglutinations- sowie des Pfeifferschen Versuchs.

2. Bei den weiteren Krankheitsfällen ist ebenso wie bei ersten Fällen zu verfahren, jedoch sind statt sechs nur drei Peptonröhrchen, statt je zwei nur je eine Serie der Gelatine- und Agarplatten, statt letzterer eventuell auch Röhrchen mit schräg erstarrtem Agar zu impfen. Prüfung der verdächtigen Kolonien vermittelst des Agglutinationsversuchs.

3. Bei Ansteckungsverdächtigen und bei Genesenen.

Die mikroskopische Untersuchung fällt fort, falls nicht die Ausleerungen choleraartig sind. Statt der sechs Peptonröhrchen ein Peptonkölbchen (s. I. 4b). Von da aus Anlegen je einer Serie Gelatine- und Agarplatten. Prüfung der verdächtigen Kolonien vermittelst des Agglutinationsversuchs. Sonst wie bei 2.

4. Wasseruntersuchung.

Mindestens 1 Liter des zu untersuchenden Wassers wird mit einem Kölbchen (100 ccm) der Peptonstammlösung versetzt und gründlich durchgeschüttelt, dann in Kölbchen zu je 100 ccm verteilt und nach 8- und 12stündigem Verweilen im Brütschranke bei 37° in der Weise untersucht, daß mit Tröpfchen, welche aus der obersten Schicht entnommen sind, mikroskopische Präparate, und von demjenigen Kölbchen, an dessen Oberfläche nach Ausweis des mikroskopischen Präparats die meisten Vibrionen vorhanden sind, Peptonröhrchen, Gelatine- und Agarplatten angelegt und wie bei 1 weiter untersucht werden. Zur Prüfung der Reinkulturen Agglutinations- und Pfeifferscher Versuch.

III. Beurteilung des Befundes[1]).

Zu II. 1. (bei den ersten Krankheitsfällen).

Die Diagnose Cholera ist erst dann als sicher anzunehmen, wenn sämtliche Untersuchungsverfahren ein positives Ergebnis haben; wichtig ist namentlich eine hohe Agglutinierbarkeit (s. serolog. Teil), und der positive Ausfall des Pfeifferschen Versuchs. Ergibt sich bei der mikroskopischen Untersuchung eine Reinkultur von Vibrionen in der charakteristischen Anordnung, und finden sich auf der Gelatineplatte Kolonien von typischem Aussehen, so kann die vorläufige Diagnose Cholera gestellt, vor Abgabe der endgültigen Diagnose muß aber das Ergebnis der ganzen Untersuchung abgewartet werden.

---

[1]) In allen Fällen, in denen bei der Untersuchung der Verdacht entsteht, daß aus irgendeiner Veranlassung, z. B. infolge von Zusatz eines Desinfektionsmittels, das Untersuchungsmaterial nicht einwandfrei ist, muß sofort telegraphisch neues Material eingefordert werden.

Zu II. 2. (bei den weiteren Krankheitsfällen).

Die Diagnose Cholera kann schon gestellt werden, wenn die mikroskopische Untersuchung, die Untersuchung der Kolonien in Gelatine und auf Agar und der Agglutinationsversuch im hängenden Tropfen positiv ausgefallen sind.

Gibt die Agglutinationsprobe im hängenden Tropfen nicht völlig einwandfreie Resultate, so ist die quantitative Bestimmung der Agglutinierbarkeit vorzunehmen, sobald eine Reinkultur von der verdächtigen Kolonie gewonnen worden ist.

Zu II. 3. (bei Ansteckungsverdächtigen und bei Genesenen).

Cholera ist bei Ansteckungsverdächtigen als nicht vorhanden anzusehen, wenn bei zwei, durch einen Tag voneinander getrennten Untersuchungen des Stuhlganges keine Cholerabakterien gefunden worden sind.

Genesene sind als nicht mehr ansteckungsfähig anzusehen, wenn dieselbe Untersuchung an drei, durch je einen Tag getrennten Tagen negativ ausgefallen ist.

Zu II. 4. (Wasser).

Etwa im Wasser nachgewiesene Vibrionen sind nur dann als Cholerabakterien anzusprechen, wenn die Agglutinierbarkeit eine entsprechende Höhe hat und der Pfeiffersche Versuch positiv ausgefallen ist.

Anhang.

1. Bereitung der Gelatine.
   a) Herstellung von Fleischwasserpeptonbrühe: ½ kg in Stücken gekauftes und im Laboratorium zerkleinertes fettfreies Rindfleisch wird mit 1 Liter Wasser angesetzt, 24 Stunden lang in der Kälte oder 1 Stunde lang bei 37° digeriert und durch ein Seihtuch gepreßt. Von diesem Fleischwasser wird 1 Liter mit 10 g Peptonum siccum Witte und 5 g Kochsalz versetzt, ½ Stunde lang gekocht, mit Sodalösung alkalisch gemacht, ¾ Stunde lang gekocht und filtriert.
   b) Herstellung der Gelatine: Zu 1 Liter Fleischwasserpeptonbrühe werden 100 g Gelatine gesetzt, bei gelinder Wärme gelöst, alkalisch gemacht — die erforderliche Alkaleszenz wird erreicht, wenn nach Herstellung des Lackmusneutralpunkts auf 100 ccm Gelatine 3 ccm einer 10%igen Lösung von kristallisiertem, kohlensaurem Natrium zugesetzt werden —, ¾ Stunden lang in strömendem Dampfe erhitzt und filtriert.
2. Bereitung des Agars.
   a) Herstellung von Fleischwasserpeptonbrühe: Wie zu 1 a.
   b) Herstellung des Agars: Zu 1 Liter Fleischwasserpeptonbrühe werden 30 g Agar hinzugesetzt, alkalisiert wie bei 1 b, entsprechend lange gekocht und filtriert.
   c) Blutagar: Defibriniertes Rinderblut + Normalkalilauge $\overline{aa}$ wird ½ Stunde im Dampftopf sterilisiert; davon 30 Teile zu 70 Teilen neutralen Nähragars gegeben und in Schalen ausgegossen. Der Nährboden wird im Brütschrank getrocknet. Nach 24 Stunden können Ausstriche darauf gemacht werden (bei früherem Gebrauch würde NH_3 die Entwickelung hemmen). (Dieudonné.)

Ein bereits nach 1stündigem Trocknen verwendbarer Nährboden ist der Eschsche, der folgendermaßen hergestellt wird: 5 g Hämoglobin (Merck-Darmstadt) im Mörser verreiben, im Kolben unter Erwärmen lösen, in 15 ccm normal NaOH + 15 ccm Aq. dest. 1 Stunde sterilisieren und 15 ccm davon mit 85 ccm neutralem Nähragar mischen. — Diese Nährböden befördern das Wachstum der Choleravibrionen, während das Wachstum der gewöhnlichen Darmflora gehemmt wird.

3. Bereitung der Peptonlösung.

a) Herstellung der Stammlösung: In 1 Liter destilliertem, sterilisiertem Wasser werden 100 g Peptonum siccum Witte, 100 g Kochsalz, 1 g Kaliumnitrat und 20 g kristallisiertes kohlensaures Natrium in der Wärme gelöst, die Lösung wird filtriert, in Kölbchen zu je 100 ccm abgefüllt und sterilisiert.

b) Herstellung der Peptonlösung: Von der vorstehenden Stammlösung wird eine Verdünnung von 1 + 9 Wasser hergestellt und zu je 10 ccm in Röhrchen und zu je 50 ccm in Kölbchen abgefüllt und sterilisiert.

4. Pest.

Siehe „Anweisung des Bundesrats zur Bekämpfung der Pest".

5. Genickstarre.

1. Mikroskopische Diagnose.

Ausstrichpräparate von Lumbalpunktionsflüssigkeit, womöglich von eitrigen Flöckchen, eventuell nach Zentrifugieren. Färbung mit Loefflers Methylenblau und nach Gram.

Die Meningokokken liegen zum größten Teil in den Leukozyten und sind streng gramnegativ. — In Fällen von epidemischer Genickstarre kommen zuweilen neben dem Meningococcus, bei nicht epidemischer Genickstarre auch allein, andere ähnliche Kokken in den Ausstrichpräparaten aus Lumbalflüssigkeit vor, z. B. der Diplococcus crassus. Dieser ist plumper, größer und runder, ferner fast stets grampositiv (nur vereinzelte Exemplare können gramnegativ sein).

Ausstrichpräparate von Rachenschleim sind meist zwecklos; nur ausnahmsweise liefern sie verwertbare Resultate.

2. Züchtung.

Der beste Nährboden ist Ascitesagar; ein Teil Ascites vom Menschen (steril aufgefangen oder durch Berkefeld-Filter filtriert) und 2 Teile 3%iger Nähragar.

Der Nährboden wird in Petri-Schalen ausgegossen. Das zu untersuchende Material (Lumbalflüssigkeit oder Rachenschleim) wird auf der Platte ausgestrichen. Die Untersuchung, besonders des Rachenschleims, muß möglichst bald — wenige Stunden — nach der Entnahme geschehen. Nach 20 bis 24 Stunden werden die gewachsenen Kolonien untersucht. Die Meningokokkenkolonien sind etwa 2—4 mm groß, kreisrund, hell durchscheinend schleierartig; bei schwacher Vergrößerung erscheinen die tiefliegenden oval, gelbbraun, grob granuliert, die oberflächlichen fast strukturlos feinkörnig, glattrandig, leicht gelblich, mit nicht wesentlich dunkle-

rem Zentrum. (Die Kolonien des Dipl. crassus sind kleiner, weißgrau, kompakter, bei schwacher Vergrößerung braun, granuliert.) Im Ausstrichpräparat liegen die rein gezüchteten Kokken häufig zu vieren und sind von etwas unregelmäßiger Größe und Färbbarkeit; auch in den Reinkulturen sind sie dauernd streng gramnegativ.

Verwechslung ist möglichst mit verschiedenen „Pseudomeniningokokken", die sich häufig durch Wachstum bei Zimmertemperatur und durch ausgesprochen gelbe Farbe unterscheiden. In den meisten Fällen, besonders wenn die Kokken aus dem Rachenschleim gezüchtet sind, ist die Agglutinationsprobe mit Meningokokkenserum (zu beziehen vom Berliner Inst. f. Infektionskrankh., von Merck, Darmstadt oder Riedel, Berlin) notwendig. Ausführung wie bei Cholera und Typhus, nur werden die Röhrchen erst nach 24 Stunden bei 55° (bei 37° kommen auch Pseudomeningokokken zur Agglutination) beobachtet. Positiver Grenzwert ungefähr 1 : 50, jedoch vom Titer des Serums abhängig. Kontrolle des verdächtigen Stammes mit Kochsalzlösung, möglichst auch mit normalem Serum, sowie Kontrolle des Serums mit einem zweifellosen Meningokokkenstamm ist unerläßlich. — Eine Unterscheidung der Diplokokken ist ferner ermöglicht durch ihr Verhalten

1. in Lackmus-Zuckernährböden (10%ige Zuckerlösungen in Lackmuslösung (Kahlbaum) 2 Minuten gekocht, zu je 10 ccm nach Abkühlen 0,5 % Normalsodalösung gesetzt, davon 1,5 ccm zu 13,5 ccm Gemisch von 3 Teilen 3 % Nähragar + 1 Teil Aszites). Es zeigt nämlich:

	Säurebildung und Gärung in			
	Maltose	Dextrose	Lävulose	Laktose
Meningococcus . .	+	+	0	0
Dipl. catarrhalis .	0	0	0	0
Dipl. crassus . . .	+	+	+	+
Gonococcus . . .	0	+	0	0

2. in gallensauren Salzen. 2,5%ige Lösung von Natrium taurocholicum (Merck) in Bouillon wird zu gleichen Teilen mit der fraglichen Bouillonkultur gemischt und geschüttelt. Bei Meningokokken, Gonokokken und Pneumokokken Lösung, bei Diplococcus crassus und Streptokokken keine Veränderung. Auch als orientierende Vorprobe im hängenden Tropfen anwendbar.

3. Untersuchung des Blutes auf Agglutinine.

Ausführung genau wie bei Typhus, nur daß auch hier die Proben 24 Stunden bei 55° gehalten werden müssen. Benutzt man frische Aufschwemmung einer 24stündigen Agarkultur, so liefert normales Serum — das stets zum Vergleich herangezogen werden muß — höchstens in Verdünnung 1 : 5 (unvollständige) Agglutination. Aufschwemmungen in 0,9%iger Kochsalzlösung mit 0,25 % Formalinzusatz (nach v. Lingelsheim) verhalten sich von 4 Wochen ab konstant, sind aber etwa 5mal leichter agglutinabel. Hier ist daher erst komplette Agglutination bei 1 : 25, inkomplette bei 1 : 50 als positiv anzusehen.

6. Diphtherie.

Zur Entnahme von diphtherieverdächtigem Material aus dem Rachen dient eine Stahlsonde mit festgedrehtem Wattebausch, die im Kork eines Reagenzglases steckt; man fährt mit dem Wattebausch über Mandeln und weichen Gaumen hin, steckt die Sonde sofort in das Glas, letzteres kommt in ein Holzfutteral und dieses in ein festes Kuvert, in welches zugleich die Notizen über die Entnahme gelegt werden. Die Entnahmeapparate lagern in den Apotheken und werden nach der Beschickung der Untersuchungsstation übermittelt.

Reagentien zur Untersuchung: 1. Zur Färbung der mikroskopischen Präparate: a) Fuchsinlösung (s. oben), b) Reagentien zur Gramschen Färbung (s. oben), c) Reagentien zur Doppelfärbung nach M. Neisser: 1. 2 Teile Lösung a: Methylenblau, 1 g pulverförmiges Methylenblau (Meth. medicale Höchst) in 20 ccm 96%igem Alkohol gelöst; dazu 950 ccm Wasser und 50 ccm Eisessig; dazu 2. 1 Teil Lösung b: Kristallviolett Höchst 1,0, Alk. absol. 10,0, Aq. dest. 300,0. Ferner Chrysoidin, 1 g in 300 ccm kochendem Wasser gelöst. Beide Lösungen filtriert. Zur Färbung wird das Präparat zuerst 1—3 Sekunden in die Methylenblau-Kristallviolettlösung getaucht, dann Abspülen mit Wasser, sofort Aufgießen der Chrysoidinlösung für 3—5 Sekunden, wieder Abspülen mit Wasser. Der Leib der Diphtheriebazillen erscheint schwach braun gefärbt; in demselben zeigen sich dunkelblau gefärbte ovale Körnchen, in der Regel an jedem Ende des Bazillus ein Korn, manchmal nur an einem Ende, zuweilen in der Mitte und an den Enden. Ernstsche Körner.) Viele Kokken und einzelne Bazillen zeigen ähnliche Färbung, aber nicht Bazillen, welche den Diphtheriebazillen morphologisch ähnlich sind. Letztere geben die Doppelfärbung jedoch nur dann sicher, wenn sie auf Loefflerschem Serum bei 35° mindestens 9 Stunden und nicht länger als 24 Stunden gezüchtet sind.

2. Zur Kultur: Petri-Schalen (Platten) mit erstarrter Loefflerscher Serummischung (3 Teile Rinderserum + 1 Teil Dextrosepeptonbouillon).

Verfahren bei der Untersuchung: Mit dem Wattebausch werden 6—8 Striche auf einer Serumplatte gemacht; diese bei 34—35° gehalten. Sodann werden Deckgläser bestrichen und gefärbt. Finden sich zahlreichere charakteristisch geformte und gelagerte Bazillen und fällt die Gram- und Doppelfärbung bei einem Teil der Bazillen positiv aus, so läßt sich schon aus dem „Original-Präparat“ die Diagnose auf Diphtherie stellen. Sind nur vereinzelte verdächtige Bazillen vorhanden, so ist es besser, das Resultat der Kultur abzuwarten.

Die Serumplatten sind nach 6—8 Stunden durch Klatschpräparate mit Fuchsin- und Gramfärbung zu untersuchen. Häufchen typischer Bazillen gestatten sichere positive Diagnose; nur bei Entnahme von der Konjunktiva oder von Nasen- und Ohrenerkrankungen ist einer Verwechslung mit ähnlichen Bazillen dadurch vorzubeugen, daß nach etwa 18stündiger Kultur Ausstrichpräparate mit Doppelfärbung gemacht werden. — Findet man nach 6—8 Stunden in sechs Präparaten ausschließlich Kokken, so ist die Diagnose negativ zu stellen. Nochmalige Entnahme ist dann unter Umständen angezeigt. — Finden sich nach 6—8 Stunden vereinzelte verdächtige Bazillen, so sind die Platten nach weiterem 12stündigem Aufenthalt im Brütofen nochmals zu untersuchen, und zwar sind dann neben Klatschpräparaten auch Ausstrichpräparate anzufertigen, bei denen die Proben mehr vom

Grunde der Striche entnommen sind. In diesem Stadium ist auch die Doppelfärbung zur Bestätigung heranzuziehen.

Bestehen auch jetzt noch Zweifel über die Natur der verdächtigen Bazillen, so sind sie durch Glyzerinagarplatten rein zu züchten; an der Reinkultur sind zu beachten: 1. Die Wachstumseigentümlichkeiten der Kolonie, morphologisches Verhalten der Bazillen, ihr Verhalten gegen Färbungen.

2. Die Säurebildung, geprüft entweder in (frisch ausgekochten) Röhrchen mit je 15 ccm Fleischbouillon; mit je einer Nadelspitze der Kultur beschickt und bei 35° gehalten; nach 20 Stunden wird ein Röhrchen, nach 44—48 Stunden ein zweites mit 1%iger Natronlauge unter Phenolphtaleinzusatz titriert; daneben Kontrolle mit zuverlässiger Diphtheriekultur und mit ungeimpfter Bouillon. — Oder auf Thielschem Nährboden (Nutrose + Traubenzucker āā 1,0, Kochsalz 0,5, Lackmuslösung 0,5, Wasser 100; neutralisiert bis Lackmusneutralpunkt und 2 ccm 1%ige Soda zugesetzt).

3. Anaerobes Wachstum, geprüft im tiefen Zuckeragarstich, mit Überschichtung von Agar. Pseudobazillen wachsen nicht.

4. Toxinbildung, geprüft a) mit ca. 20stündiger Bouillonkultur, von der einem Meerschweinchen von 200—300 g 0,5 % seines Körpergewichts subkutan injiziert wird; b) mit dem Filtrat einer 10tägigen Bouillonkultur, von dem einem Meerschweinchen 0,1 ccm intrakutan in die enthaarte Bauchhaut injiziert wird.

In den meisten Fällen wird dann auf Grund folgender Merkmale eine Trennung der wesentlich in Betracht kommenden diphtherieähnlichen Pseudo-Diphtheriebazillen (PDb) und Xerosebazillen (Xb) von den Diphtheriebazillen (Db) möglich sein:

Glyzerinagarplatte: Db nach etwa 12 Stunden kleine graulichweiße Auflagerungen, die sich später nur wenig weiter entwickeln. Bazillen meist kürzer und weniger keilförmig wie auf Serum. — PDb schnellwachsende, feuchte, weißglänzende, leicht abnehmbare Auflagerungen. Bei schwacher Vergrößerung feinkörnige, ansehnlichere Kolonien mit glatterem Rand wie Db, Bazillen regelmäßiger, meist etwas kürzer und dicker wie Db; Lagerung entweder in parallelen Reihen (Staketenform) oder in Radspeichenform. — Xb sehr langsam wachsende, trockene, schwer abnehmbare Kolonie. Lagerung und Form oft sehr Db-ähnlich.

Loefflersche Serumplatte: Db nach 6—10 Stunden, kleine, weiße, schleimige Tröpfchen, oft mit graulicher Verfärbung. Bazillen in jungen Kulturen meist Keilform, in älteren Kulturen oft an den Enden verdickt oder auch längs des Leibes aufgetrieben. Lagerung oft in spitzem Winkel zu zwei (V „Fünferform") oder in wirren Häufchen, oft wie die übereinander gelegten, gespreizten Finger beider Hände. (Nach Kurth müssen unter den Fünferformen solche sein, deren einzelne Schenkel mindestens fünfmal länger als breit sind, oder unter den nicht in Fünferform gelagerten einzelnen Bazillen solche, welche siebenmal länger als breit sind.) Bei Färbung mit den gewöhnlichen Farblösungen (s. oben) neben intensiv gefärbten Stellen oft blaßgebliebene Teile. Bei genauer Innehaltung oben angeführter Bedingungen fast stets positive Doppelfärbung. — PDb rascher wachsende, feuchte Auflagerungen. Bazillen gleichmäßiger in Gestalt und Größe wie Db, erreichen nie die oben erwähnten Maße, sind demnach etwas kürzer und plumper, liegen vorzugsweise nicht in Winkel-, sondern in Staketen- oder Radspeichenform. Bilden in älteren Stadien keine so großen Involutionsformen wie Db. Fast nie

Doppelfärbung. — Xb sehr langsames Wachstum; matt aussehender, trockener, schwer abnehmbarer Belag, Form und Lagerung oft sehr Db-ähnlich. Aber in Serumkulturen nie in Involutionsformen und sehr selten in segmentiert zerfallenen Bazillen eine der Doppelfärbung bei Db ähnliche Färbung von Körnchen; letztere jedenfalls viel kleiner, spärlich und rund, erst nach 20—24 Stunden auftretend.

Gelatine: Db bei 18° geringes, PDb reichliches, Xb kein Wachstum.

Bouillon: Db schnelle, bald schwächere, bald stärkere diffuse Trübung. Feiner, sandartiger Beschlag, besonders an den Wänden des Gefäßes, seltener kleine Flöckchen; oft ein feines Häutchen an der Oberfläche. Meist starke Säurebildung; die Zunahme des Alkaliverbrauchs bis zum zweiten Tage beträgt bei Diphtherie im Mittel 0,3 ccm 1%iger NaOH auf 10 ccm Bouillon. — PDb schnelle, diffuse, kräftige Trübung. Massenhafter, schleimiger Bodensatz. Meist nur geringe Säurebildung, ja sogar Steigerung der Alkaleszenz. — Xb meist gar keine Trübung der Bouillon. Feine kleine Flöckchen an den Wänden und auf dem Boden des Gefäßes. Meist geringere Säurebildung wie Db, sehr selten Steigerung der Alkaleszenz.

Im Thielschen Nährboden erfolgt in spätestens 3 Tagen Rötung und Trübung, während die PDb in der Regel gar keine Änderung hervorrufen.

Tierversuch: a) mit lebender 24 stündiger Kultur: Db fast stets Tod innerhalb 2 Tagen; bei der Sektion an der Impfstelle sulziges Ödem, auf der Pleura Exsudat, Nebennieren geschwollen und hyperämisch; Magenblutungen und -geschwüre. — b) mit Filtrat intrakutan: nach 48 Stunden Quaddel und Nekrose. — PDb keine Reaktion. — Xb manchmal an der Impfstelle Infiltration und Tod der Tiere unter chronischem Marasmus nach einigen Wochen. Diphtherieantitoxinbehandlung ohne Wirkung.

Bei Rekonvaleszenten findet man in etwa 10 % der Fälle bei der üblichen mikroskopischen Untersuchung der angelegten Kultur nach 24 Stunden keine Diphtherie-Bazillen, wohl aber aber nach 48stündiger Bebrütung. (Braun, Knebel.) Dieses verspätete Auftreten der Diphtherie-Bazillen ist nicht auf verlangsamtes Wachstum zurückzuführen, sondern darauf, daß die Zahl der Diphtherie-Bazillen bei Rekonvaleszenten im Verhältnis zu den normalen Rachenbewohnern eine geringe geworden ist. (Neisser und Schuster.) In solchen Kulturen findet man häufig atypische verkümmerte Diphtherie-Bazillen, die sich bei der Reinzüchtung als morphologisch-typische, virulente Diphtherie-Bazillen erweisen. Die Verkümmerung in der Kultur ist durch die Anwesenheit gewisser Kokken und Stäbchen bewirkt. (Braun.)

7. Tuberkulose.

Zum Nachweis von Tuberkelbazillen in Sputum dienen folgende Methoden:

1. Originalausstrichpräparate: Das Sputum (womöglich Morgensputum) auf schwarzlackierten Tellern ausgießen und die verdächtigen gelbweißen Partikel („Linsen") auf Deckgläsern oder Objektträgern dünn verstreichen, lufttrocken werden lassen, fixieren; dann färben mit konz. Karbolfuchsin unter Erwärmen in einem Uhrschälchen oder Pozellantiegel über kleiner Flamme, bis die Farblösung zu dampfen anfängt; dann noch einige Minuten in der Farbe lassen, für einige Sekunden in salzsauren Alkohol (s. oben), darauf ½ Minute in reinem

Alkohol; wenn das Präparat noch nicht genügend farblos ist, nochmals für einige Sekunden in dem salzsauren Alkohol und in Alkohol; oder nach Ziehl 10—20 Sekunden in 30 % HNO_3, dann 70 % Alkohol. Nachfärben mit wäßriger Methylenblaulösung (nach Spengler besser mit conc. wäßriger Lösung von Pikrinsäure + Alkohol ana), Abspülen in Wasser, Trocknen zwischen Fließpapier, Einschluß in Kanadabalsam.

Statt der Entfärbung in salzsaurem Alkohol usw. und der Nachfärbung in Methylenblau kann man das Präparat ohne Abspülen aus der Karbolfuchsinlösung sogleich in Corallin-Methylenblau (1 Teil Corallin [Rosolsäure], 100 Teile absol. Alkohol mit 6 g Methylenblau gemischt, dazu 20 Teile Glyzerin) übertragen, 1 Minute darin bewegen (zur Entfärbung und Nachfärbung), mit Wasser abspülen, trocknen, Einschluß in Kanadabalsam. — Die Tuberkelbazillen erscheinen nach beiden Methoden rot auf blauem Grunde.

Gelingt der Nachweis durch Originalausstrichpräparate in Sputum nicht, so bewirkt man eine Konzentrierung des Materials durch das

2. Anreicherungsverfahren (nach Lorenz): 2—10 ccm Sputum werden mit der 2—3fachen Menge 15%igen Antiformins 5 Minuten lang in einem mit Gummistopfen verschlossenen Reagenzglase kräftig geschüttelt bis zur völligen Homogenisierung. Nach Entfernung des Stopfens kurzes Aufkochen. Darauf 15 Minuten langes Zentrifugieren. Das Antiformin wird dann abgegossen und der Bodensatz mit wenig Wasser auf einem Objektträger verrieben, fixiert und wie Sputum gefärbt.

Gelingt auch durch die Anreicherung der Nachweis nicht, so kommen weiter in Betracht:

3. Kulturverfahren: Ausstriche von Linsen nach mehrmaligem Abwaschen in sterilem Wasser — oder nach Vorbehandlung des Sputums mit Antiformin — auf Glyzerinserum-, Glyzerinagarröhrchen oder auf Platten mit Hesses Nährboden (5 g Nährstoff Heyden aus der Fabrik H. in Radebeul bei Dresden in 50,0 dest. Wasser unter Umrühren lösen, dazu eine Mischung von 5,0 g Kochsalz, 30 ccm Glyzerin, 10—20 g Agar, 5 ccm Normalsodalösung und 950 dest. Wasser zusetzen und zusammen unter stetem Umrühren 15 Minuten kochen). Röhrchen und Platten durch Gummikappen und Einstellen in feuchte Kammern sorgfältig vor Austrocknung hüten. Manchmal schon nach einigen Tagen (auf Heyden-Agar) makroskopisch sichtbare Kolonien; von den Platten evtl. Klatschpräparate; meist jedoch sehr langsames Wachstum, manchmal gar kein Wachstum selbst nach Ausstrich mit sicher tuberkelhaltigem Material. Daher in wichtigsten Fällen als zuverlässigste Methode heranzuziehen:

4. Der Tierversuch: Meerschweinchen subkutan oder intraperitoneal mit Injektionsspritze impfen. Wenn Tuberkelbazillen vorhanden, so Tod der Tiere nach 4—8 Wochen. Inguinal-, Mesenterial- und andere Drüsen stark geschwollen und verkäst; in der stark vergrößerten Milz, in der Leber und in dem strangförmig verdickten Netz meist sehr zahlreiche, zum Teil verkäste, in der Lunge meist einige frischere Tuberkel. Zum Nachweis von Tuberkelbazillen nehme man die noch nicht verkästen Partien des tuberkulösen Gewebes. — Bei Quetschung der zugehörigen Inguinaldrüse ist diese öfters schon nach 8—10 Tagen deutlich geschwollen und enthält reichlich TB (Bloch).

Der Nachweis von Tuberkelbazillen im Eiter, Stuhl sowie von Organstückchen (nach Zerkleinerung derselben in sterilen Mösern) kann ganz ähnlich wie bei Sputum geführt werden. Urin (nur mit dem Katheter zu entnehmen, um Smegmabazillen auszuschließen) sedimentiert man in Spitzgläsern oder mittels der Zentrifuge und untersucht das Sediment. Für Organstückchen kommt noch die

Schnittfärbung in Betracht. Die am besten auf dem Objektträger bereits aufgeklebten (s. oben) Schnitte werden unter vorsichtigem Erwärmen in konz. Karbolfuchsin 10 Minuten lang gefärbt, dann 3—5 Sekunden in salzsauren Alkohol getaucht, dann so lange in 60%igen Alkohol, bis keine Farbe mehr abgeht. Nach vorsichtigem Trocknen mit Fließpapier wäßrige Methylenblaulösung aufträufeln und 15 Sekunden einwirken lassen, sodann auf 10 bis 15 Sekunden in 96%igen Alkohol, dann trocknen zwischen Fließpapier, Aufhellen mit Xylol, Einbetten in Kanadabalsam. — Tuberkelbazillen rot, Gewebe blau.

8. Syphilis.

Zur Untersuchung syphilisverdächtiger Hautaffektionen auf Spirochaete pallida eignet sich am besten der aus der Tiefe stammende Gewebssaft, welchen man nach Reinigung der erodierten, nässenden Fläche mittels steriler Tupfer durch Reiben mit einem starken Platindraht, scharfen Löffel u. dgl. leicht erhält. Das erhaltene „Reizserum" kann man untersuchen 1. ungefärbt, evtl. nach Zusatz von physiologischer Kochsalzlösung oder Aszitesflüssigkeit, im hängenden Tropfen oder auf planem Objektträger, wobei sich, nach Umrandung des Deckglases mit Wachs oder Paraffin, die Spirochäten stundenlang beweglich halten können. Dunkelfeldbeleuchtung! 2. gefärbt, in sehr dünnen, so schnell als möglich angelegten Ausstrichpräparaten, am besten nach der für Malariaplasmodien angegebenen Färbung nach Romanowsky-Giemsa; nur ist das zur Verdünnung der Farbe dienende Wasser mit einigen Tropfen einer 1 promilligen Kaliumkarbonatlösung zu versetzen und ferner die Färbedauer auf eine bis mehrere Stunden auszudehnen. In gut gelungenen Präparaten erscheinen dann die Spirochäten in zwar zarter, aber deutlicher Rotfärbung. — 3. Tuscheverfahren nach Burri: Auf einem Objektträger wird ein Tropfen einer Mischung von 1 Teil Pelikantusche 541 und 9 Teilen Wasser gebracht. In diesen Tropfen bringt man etwas von dem zu untersuchenden Material und streicht mit einem anderen Objektträger nicht zu dünn aus. Nach dem Trocknen Besehen mit Ölimmersion. Die Spirochäten erscheinen hell leuchtend auf dunklem Grunde.

Durch Drüsenpunktion erhaltene Gewebsflüssigkeit wird auf gleiche Weise untersucht.

Zum Nachweis von Spirochäten in Organen ist die Methode von Levaditi besonders geeignet. Kleine Stücke werden in 10%igem Formalin 24 Stunden fixiert, 24 Stunden in 96%igem Alkohol gehärtet und hierauf in Wasser einige Minuten ausgewaschen. Alsdann werden sie in eine Argentum nitric.-Lösung von 1,5—3 % eingelegt und darin bei 38° 3—5 Tage lang vor Licht geschützt gehalten. Danach werden sie kurz mit destilliertem Wasser ausgewaschen und auf 24—48 Stunden in eine Lösung von Acid. pyrogall. 2—4 g Formalin 5 ccm, Aq. dest. 100 ccm gebracht; dann wiederum Abspülen in destilliertem Wasser, Entwässern in Alcohol abs.; Einlegen in Xylol; Paraffineinbettung. Die Schnitte dürfen

nicht über 5 μ dick sein. Die Spirochäten erscheinen dicker als in gefärbten Ausstrichpräparaten und sind als tiefschwarz gefärbte Gebilde zwischen den gelbbräunlichen Gewebselementen leicht aufzufinden. Nachfärbung des Gewebes (mittels Giemsa-Farbe oder Toluidinblau) ist möglich, aber nur für bestimmte Studien von Vorteil. — Wassermannsche Reaktion s. oben.

9. Gonorrhoe.

Zum Nachweis der Gonokokken in Eiter, Fäden oder Sediment aus Urin dienen folgende Verfahren:

1. Mikroskopisch: Eiter wird in möglichst dünner, gleichmäßiger Schicht auf Deckgläsern verteilt und nach der Auftrocknung in üblicher Weise fixiert. Fäden und Sediment aus Urin müssen vorsichtig in der Wärme angetrocknet und darauf zur Entfernung der Harnsalze mit Wasser abgespült werden. Färbung entweder mit wäßrigem oder alkalischem Methylenblau (Loeffler) oder mit Kontrastfärbungen, z. B. mit Pappenheims Methylgrün-Pyroningemisch (Methylgrün 00 cryst. gelblich 0,15, Pyronin 0,25, Alkohol, 2,5 Glyzerin 20,0 0,5%iges Karbolwasser 100; Färbdauer 2 Minuten), wobei die Zellkerne blaugrün, die Kokken dunkelrot erscheinen. Bei unsicherem Befund, spärlichen oder nicht typisch geformten und gelagerten Diplokokken ist Gramfärbung mit nachfolgender Fuchsinfärbung angezeigt (Gonokokken gramnegativ!).

2. Kulturell: Ausstrich von Eiter usw. auf Gemischen von Nähragar mit Aszites oder Menschenblutserum etwa zu gleichen Teilen oder auf Wassermanns Schweineblutserum-Nutrose-Agar (15 ccm Schweineserum, 30—40 ccm Wasser, 2—3 ccm Glyzerin, 0,8 g Nutrose kochen 15 Minuten unter Schütteln. Am folgenden Tage nochmals unter Schütteln 15 Minuten kochen und zum Gebrauch vorrätig halten. Zum Gebrauch auf ca. 60° erwärmen, mit 2½igem Peptonagar mischen und zu Platten ausgießen). — Auf allen Nährböden nur kleine, tautropfenartige Kolonien. Differentialdiagnose gegen Meningokokken s. Genickstarre.

10. Blutuntersuchung bei Malaria, Trypanosen usw.

Die Blutentnahme erfolgt bei Malaria nicht während des Fieberanfalls bzw. kurz nach demselben, sondern am besten 6—12 Stunden vor dem neuen Anfall. In eine mit Alkoholäther gereinigte, geeignete Hautstelle (Fingerbeere, Ohrläppchen) macht man mittels Nadel oder Impflanzette einen Einstich, wischt den ersten Blutstropfen ab und betupft dann den zweiten, neu hervorquellenden, noch kleinen Tropfen mit einem sorgfältigst gereinigten (Deckgläschen oder besser) Objektträger. Hierauf hält man ihn, mit dem Tropfen nach oben, horizontal in der linken Hand, führt mit der rechten die Kante eines zweiten (geschliffenen) Objektträgers unter einem Winkel von etwa 60° an den Tropfen heran, so daß das Blut sich längs der Kante verteilt und läßt nun den zweiten Objektträger langsam über die Fläche des ersten hingleiten, wobei sich das Blut in sehr gleichmäßiger, dünner Schicht auf ihr ausbreitet. Durch schnelles Hin- und Herschwenken des Objektträgers in der Luft erfolgt fast augenblickliche Trocknung. Will man die Präparate längere Zeit aufbewahren, so ist es zum Schutze vor Feuchtigkeit (besonders in den Tropen) nach Kochs Vorschrift zweckmäßig, die Präparate in Fließpapier einzuhüllen und in sehr gut schließenden Gläsern über (mit Watte überschichtetem) Chlorkalzium auf-

zubewahren. Die sogenannte „Feuchtfixation" der frischen Präparate vor der Eintrocknung in warmer Sublimatlösung macht eine komplizierte weitere Behandlung nötig und ist für die gewöhnlichen diagnostischen Untersuchungen nicht erforderlich. — Darauf Färben, entweder 1. nach Manson-Koch mit Borax-Methylenblaulösung (5 % Borax, 2 % Methylenblau medicinale Höchst, zur Färbung so weit mit Wasser verdünnt, daß sie in einer Schicht von 1 cm Dicke eben durchscheinend wird). Das vollkommen trockene Präparat einige Male eintauchen und mit gewöhnlichem Wasser spülen, bis es einen grünlichblauen Farbton angenommen hat; zwischen Fließpapier trocknen, in Zedernöl untersuchen. — Rote Blutkörperchen hellgrünblau, Leukozytenkerne dunkelblau, Plasmodien ebenfalls kräftig blau, auf den blassen Blutkörperchen sehr deutlich zu sehen. — Färbung besonders für Massenuntersuchungen geeignet. — 2. Färbung nach Romanowsky-Giemsa: Sorgfältig getrocknetes und gepulvertes Azur II—Eosin 3 g + Azur II 0,8 g werden in 250 ccm Glyzerin (chemisch rein, Merck) von 60° C unter Schütteln gelöst und unter weiterem starken Schütteln 250 ccm Methylalkohol (I Kahlbaum) von gleicher Wärme hinzugefügt. Nach 24stündigem Stehen bei Zimmertemperatur wird das Gemisch filtriert, und von dem Filtrat für den öfteren Gebrauch am besten eine kleine Menge in ein Tropffläschchen (nie offen stehen lassen!) abgefüllt. — Die fertige Farbe ist haltbar und kann gebrauchsfertig von Dr. Grübler & Co., Leipzig, bezogen werden. — Zur Färbung füllt man einen graduierten Meßzylinder mit Wasser von 30—40° C, fügt unter stetem Schütteln pro Kubikzentimeter 1 Tropfen Farblösung zu und gießt diese frisch bereitete Farbe sofort auf die (wie für die Borax-Methylenblaufärbung vorbereiteten) Ausstrichpräparate. Nach mindestens 30 Minuten Abspülen derselben mit kräftigem Wasserstrahl, vorsichtiges Abtupfen mit Fließpapier und Trocknen, Einlegen in Kanadabalsam oder besser in eingedicktes Zedernöl. An gelungenen Präparaten sind die roten Blutkörperchen rosa, die Kerne sämtlicher Leukozyten karminviolett; der Protoplasmaleib der Lymphozyten blau, der großen mononukleären Leukozyten blaßblau, der neutrophilen Leukozyten blaßviolett; das Protoplasma der Plasmodien blau, das Chromatin leuchtend karminrot bis karminviolett. — Auch geeignet für die Untersuchung des Blutes auf Trypanosomen, Piroplasmen u. ä.

Oder: Schnellfärbung nach Giemsa: Die lufttrockenen, sehr dünnen Objektträgerausstriche kommen mit der Schicht nach oben in eine trockene Petri-Schale und werden mit 10—15 Tropfen der konzentrierten Giemsa-Lösung, die mit gleichem Volumen reinen Methylalkohols versetzt ist, betropft. Nach 30 Sekunden wird so viel Aq. dest. in die Schale gegeben, daß der Objektträger ganz mit Flüssigkeit bedeckt ist. Wasser und Farbe durch Schwenken gleichmäßig mischen, 3 Minuten stehen lassen. Lösung abgießen, abspülen im fließenden Wasser, trocknen, einbetten.

Oder (nach Leishman): Von der käuflichen Leishman-Farbe 20 Tropfen auf den Ausstrich gießen, 2 Minuten einwirken lassen. Dann ccm destill. Wasser zugießen in flacher Glasschale. Hin- und Herschwenken. Nach 20 Minuten in dest. Wasser spülen bis zur Rotfärbung. Trocknen, Balsam.

Zu Massenuntersuchungen Malaria-Verdächtiger, besonders der Gameten-Träger, ist die Methode des „dicken Tropfens" sehr zu empfehlen. Man

läßt einen oder zwei Tropfen Blut auf die Mitte des Objektträgers fallen, verstreicht ihn mit der Platinöse zu einer Kreisfläche von 10 Pf.-Stück Größe und läßt den Ausstrich (vor Fliegen geschützt!) lufttrocken werden. Dann ohne Fixierung übergießen mit Giemsa-Lösung (1 Tropfen: 1 ccm Aq. dest.) 2—3 Minuten, bis der ganze Blutfarbstoff herausgewaschen ist. Abspülen mit neuer Giemsa-Lösung (1 Tropfen: 1—2 ccm Aq. dest.), 30—45 Minuten weiterfärben, vorsichtig mit Wasser spülen, durch Aufstellen auf Fließpapier Wasser ablaufen und an der Luft trocknen lassen (nicht zwischen Fließpapier trocknen!).

III. Physikalisch-chemische Untersuchungsmethoden.

1. Bestimmung der Luftfeuchtigkeit mittels des Schleuderpsychrometers.

Man schwingt zunächst das trockene Thermometer in der S. 39 angegebenen Weise, liest nach ½ Minute ab, schwingt wieder ½ Minute und wiederholt dies so lange, als noch eine Änderung der Temperatur eintritt. Sodann nimmt man die gleiche Bestimmung mit dem Thermometer vor, dessen Kugel mit befeuchtetem Musselin umhüllt ist. Die Temperatur des trockenen Thermometers sei t; die des feuchten t_1; man berechnet daraus die Differenz $t—t_1$ und findet dann die absolute Feuchtigkeit F_0 nach der Gleichung:

$$F_0 = F_1 - k \cdot B(t-t_1)$$

wo F_1 die maximale Feuchtigkeit (Sättigungsmaximum) bei der Temperatur t_1 bedeutet; zu entnehmen aus der umstehenden Tabelle 1. Spannungstafel

k = eine Konstante, bei der vorgeschriebenen Geschwindigkeit des Schwingens ermittelt zu = 0,0007;

B = Barometerstand, hat geringen Einfluß; kann innerhalb 15 mm Schwankung als konstant angesehen werden.

Nimmt man einen mittleren Barometerstand von 745 mm an, so ist der Wert des Faktors $k \cdot B \cdot (t-t_1)$ für Barometerstände zwischen 730 und 760 mm nur von dem für $(t-t_1)$ gefundenen Wert abhängig und läßt sich daher aus der umstehenden Tabelle 2 entnehmen.

In derselben sucht man zunächst in der ersten Kolumne die ganzen Grade von $t—t_1$ auf, und geht dann horizontal weiter bis zu der Kolumne, welche mit der Zahl der Zehntelgrade überschrieben ist. Man findet so den Wert, $k \cdot B \cdot (t-t_1)$, zieht diesen gemäß der oben gegebenen Gleichung von dem Wert für F_1 ab und hat damit F_0 (in mm Hg). — Für stark abweichende Barometerstände muß die Rechnung ohne Benutzung einer Tabelle ausgeführt werden.

Um die Sättigungsprozente zu finden, rechnet man $\frac{100 \cdot F_0}{F}$, wo F die maximale Feuchtigkeit bei der Temperatur t bedeutet (zu entnehmen aus Tabelle 1). Das Sättigungsdefizit ergibt sich aus $F—F_0$. Um den Taupunkt zu finden, sucht man den Wert von F_0 unter den Spannungswerten der Tabelle 1 und findet daneben in der ersten Kolumne die zugehörige Taupunktstemperatur.

1. Spannungstafel.

Celsius	0.0	0,1	0.2	0,3	0 4	0.5	0,6	0,7	0.8	0.9
— 9	2 27	2 25	2.23	2 21	2.19	2,18	2.16	2.14	2 13	2,11
— 8	2,45	2 43	2,41	2.39	2.38	2.36	2 34	2,32	2,30	2.28
— 7	2 65	2 63	2 61	2.59	2 57	2 55	2.53	2,51	2.49	2,47
— 6	2,87	2.85	2,83	2 81	2,78	2 76	2.74	2,72	2 70	2 68
— 5	3,11	3,08	3 06	3,04	3,01	2,99	2,96	2,94	2,92	2,90
— 4	3.36	3,34	3.31	3.28	3,26	3,23	3.21	3.18	3.16	3,13
— 3	3.64	3,61	3.58	3 55	3,53	3 50	3,47	3,44	3,42	2 39
— 2	3.93	3.90	3,87	3,84	3,81	3.78	3,75	3.72	3.69	3 67
— 1	4.25	4.22	4,19	4,16	4,12	4,09	4.06	4 03	4,00	3,96
— 0	4 60	4,56	4,53	4,49	4,46	4,42	4 39	4,36	4 32	4,29
+ 0	4.60	4.63	4 67	4,70	4 73	4.77	4,80	4.84	4,87	4 91
+ 1	4.94	4.98	5,01	5.05	5.08	5,12	5.16	5 19	5.23	5,27
+ 2	5,30	5.34	5,38	5 42	5.45	5,49	5,53	5.57	5 61	5.65
+ 3	5 69	5,73	5,77	5,81	5.85	5.89	5.93	5 97	6 01	6.06
+ 4	6.10	6,14	6.18	6,23	6,27	6,31	6,36	6,40	6,45	6,49
+ 5	6.53	6.58	6 63	6.67	6,72	6.76	6,81	6 86	6,90	6 95
+ 6	7 00	7 05	7.10	7.14	7,19	7,24	7 29	7.34	7.39	7.44
+ 7	7,49	7 54	7,60	7.65	7,70	7,75	7.80	7,86	7,91	7.96
+ 8	8 02	8,07	8,13	8.18	8,24	8,29	8.35	8 40	8.46	8.52
+ 9	8,57	8,63	8,69	8,75	8,81	8,87	8,93	8,99	9,05	9,11
+10	9.17	9,23	9.29	9,35	9.41	9.47	9,54	9,60	9.67	9.73
+11	9.79	9 86	9 92	9 99	10,05	10,12	10.19	10 26	10.32	10.39
+12	10.46	10,53	10 60	10 67	10,73	10.80	10 88	10,95	11,02	11.09
+13	11,16	11,24	11.31	11,38	11,46	11.53	11.61	11.68	11.76	11.83
+14	11,91	11,99	12,06	12,14	12,22	12,30	12,38	12,46	12,54	12,62
+15	12.70	12.78	12.86	12.95	13.03	13,11	13.20	13 28	13.37	13.45
+16	13 54	13 62	13.71	13.80	13,89	13 97	14 06	14.15	14 24	14,33
+17	14.42	14.51	14.61	14.70	14,79	14,88	14 98	15,07	15 17	15 26
+18	15.36	15,45	15,55	15.65	15.75	15.85	15 95	16 05	16,15	16,25
+19	16,35	16 45	16,55	16,66	16,76	16,86	16 96	17,07	17,18	17,29
+20	17.39	17,50	17.61	17 72	17 83	17,94	18.05	18.16	18,27	18,38
+21	18 50	18 61	18 72	18.84	18,95	19.07	19.19	19 31	19,42	19 54
+22	19 66	19.78	19 90	20,02	20,14	20 27	20,39	20.51	20.64	20 76
+23	20 91	21,02	21,14	21 27	21.41	21.53	21.66	21 79	21,92	22,05
+24	22,18	22,32	22 45	22,59	22,72	22,86	23,00	23,14	23 27	23,41
+25	23.55	23.69	23.83	23 98	24.12	24.26	24.41	24.55	24.70	24.48
+26	24.99	25.14	25.29	25 44	25.59	25.74	25 89	26.05	26 20	26,35
+27	26,51	26,66	26.82	26 98	27 14	27.29	27.46	27 62	27,78	27.94
+28	28.51	28,27	28.43	28,60	28 77	28,93	29.10	29.27	29.44	29.61
+29	29,78	29,96	30,13	30,31	30,48	30,65	30,83	31,01	31,19	31,37

2. Tabelle für den Faktor $k \cdot B \cdot (t - t_1)$.

$t - t_1$	0.0	0.1	0,2	0 3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
0	0,00	0.06	0,11	0,16	0.21	0,26	0,32	0.37	0,42	0.48
1	0.53	0,55	0,63	0 69	0,74	0.79	0,84	0,90	0 9[illegible]	1,00
2	1.05	1 11	1.16	1.21	1,26	1,31	1,37	1,42	1.47	1,52
3	1,58	1 63	1,68	1,74	1,79	1,84	1,89	1,95	2.00	2,05
4	2,10	2,16	2,21	2,26	2,31	2,37	2,42	2,47	2,52	2 57
5	2.63	2.69	2,74	2,79	2,84	2,90	2,95	3,00	3,05	3,10
6	3.16	3.21	3,26	3 37	3,37	3,42	3,47	3,52	3,58	3,63
7	3.68	3.73	3,79	3 84	3 89	3,95	4,00	4,05	4,10	4,15
8	4 21	4.26	4,31	4,37	4,42	4.47	4,52	4,57	4.63	4,68
9	4 73	4,79	4,84	4,89	4,94	5,00	5,05	5,10	5,15	5,20
10	5,26	5,31	5.36	5 42	5,47	5,53	5,58	5,63	5 68	5,73
11	5.79	5,84	5.89	5,94	6.00	6 05	6,10	6,16	6,21	6,26
12	6.31	6.37	6,42	6,47	6,52	6.57	6,63	6,68	6,73	6,78
13	6.84	6 85	6.94	6,99	7 05	7,10	7,15	7,21	7,26	7,31
14	7,36	7,42	7,47	7,52	7,57	7,63	7,68	7,73	7,86	7,83
15	7,89	7.94	7,99	8.05	8.10	8,16	8,21	8,26	8,31	8,36
16	8,42	8 47	8.52	8 57	8.63	8 68	8,73	8.79	8,84	8,89
17	8,94	8 99	9.05	9.10	9.15	9 21	9,26	9,31	9,36	9,41
18	9,47	9.52	9 57	9.63	9,68	9,73	9,78	9,83	9.89	9,94
19	9.99	10,04	10,10	10,15	10,20	10,26	10,31	10,36	10,41	10,46

B e i s p i e l: t wird gefunden zu 20,5 °; t_1 zu 15,4 °; $t - t_1 = 5{,}1$ °.

In Tabelle 1 findet man $F = 17{,}94$ mm; $F_1 = 13{,}03$ mm. Aus obenstehender Tabelle entnimmt man $k \cdot B \cdot (t - t_1) = 2{,}69$, indem man in der ersten Kolumne $(t - t_1)$ die Zahl 5 aufsucht und von dieser aus horizontal weitergeht bis zu der 0,1 überschriebenen Kolumne; als den der Temperaturdifferenz 5,1 ° zugehörigen Wert findet man hier = 2,69. Folglich hat man:

$$F_0 = 13{,}03 - 2{,}69 = 10{,}34 \text{ mm.}$$

Die Sättigungsprozente sind $= \frac{100 \cdot 10{,}34}{17{,}94} = 57{,}6\,\%$; das Sättigungsdefizit $= 17{,}94 - 10{,}34 = 7{,}60$ mm; der Taupunkt = 11,8 °.

2. Bestimmung des CO_2-Gehaltes der Luft.

A. Genaue Bestimmung.

Als Reagenzien sind erforderlich: 1. Eine Oxalsäurelösung, die durch Auflösen von 2,864 g unverwitterter Oxalsäurekristalle im Liter erhalten wird; 1 ccm davon entspricht 1 mg CO_2. 2. Eine Barythydratlösung von solcher Konzentration, daß 1 ccm durch etwa 1 ccm der Oxalsäure neutralisiert werden. Die Entnahme der Barytlösung erfolgt mittels Pipette, die in einen als Saugheber wirkenden Gummischlauch eingeführt wird. 3. Eine Lösung von 1 % Phenolphtalein in 70%igem Alkohol.

Vor der Bestimmung ist der Titer des Barytwassers zu kontrollieren. Dies geschieht, indem 25 ccm Barytwasser in einem E r l e n m e y e r - Kolben mit

2 Tropfen Phenolphtalein versetzt und mit der Oxalsäure bis zur verschwindenden Rotfärbung titriert werden. Dabei ist darauf zu achten, daß die Exspirationsluft möglichst wenig auf die Barytlauge einwirken kann. Die Titration wird ein zweites Mal rasch in gleicher Weise wiederholt.

Zur Ausführung der CO_2-Bestimmung nimmt man einen langhalsigen Kolben von etwa 3—5 Liter Inhalt, dessen Kapazität vorher durch Ausmessen mit Wasser genau bestimmt war. In diesen wird durch etwa 50 Stöße mit einem Blasebalg, der mit langem Ansatzrohre versehen ist, die Luft des Untersuchungsraumes getrieben. Jetzt wird der Kolben mit einer Gummikappe verschlossen und Barometerstand und Temperatur der Luft festgestellt. Nunmehr läßt man 100 ccm Barytwasser in eine Pipette einfließen und dieses unter leichtem Lüften der Gummikappe in den Kolben laufen. Hierbei ist die Pipette möglichst tief einzuführen. Dann wird der Kolben mit dem Barytwasser etwa 10 Minuten lang unter Drehbewegung geschüttelt. Hierbei wird alle im Kolben vorhandene CO_2 von der Barytlauge gebunden. [$Ba(OH)_2 + CO_2 = BaCO_3 + H_2O$.] Jetzt wird der Inhalt des Kolbens in eine kleine Flasche übergegossen, und diese luftdicht verschlossen. Hier läßt man den weißen Niederschlag sich vollkommen absetzen. Von der darüberstehenden völlig klaren Flüssigkeit werden 25 ccm abpipettiert und in der oben beschriebenen Weise zurücktitriert.

Waren z. B. bei der Titerstellung des Barytwassers auf 25 ccm desselben 24 ccm Oxalsäure, also auf 100 ccm 96 ccm Oxalsäure verbraucht, dagegen für 25 ccm des mit der untersuchten Luft geschwenkten Barytwassers nur 22 ccm Oxalsäure, oder für die ganzen verwendeten 100 ccm nur 88 ccm, so kommen 8 ccm auf Rechnung der CO_2 jener Luft, und diese entsprechen = 8 mg CO_2. Um die Milligramme CO_2 in Kubikzentimeter zu verwandeln, muß man erstere durch das Volumgewicht der CO_2 dividieren, das bei verschiedenen Temperaturen und verschiedenem Luftdruck folgenden Wert hat:

1 Liter CO_2 wiegt Gramm:

	740 mm	744 mm	748 mm	752 mm	756 mm	760 mm	764 mm	768 mm
10°	1,82	1,83	1,84	1,85	1,86	1,87	1,88	1,89
12	1,81	1,82	1,83	1,84	1,85	1,86	1,87	1,88
14°	1,79	1,80	1,81	1,82	1,83	1,84	1,85	1,86
16°	1,78	1,79	1,79	1,81	1,82	1,82	1,83	1,84
18°	1,76	1,77	1,77	1,79	1,80	1,81	1,82	1,83
20°	1,74	1,75	1,75	1,77	1,78	1,79	1,80	1,81
22°	1,73	1,73	1,74	1,75	1,76	1,77	1,78	1,79
24°	1,71	1,72	1,73	1,74	1,75	1,76	1,76	1,77

Hatte man zur Zeit des Versuchs z. B. 15° und 760 mm Barometerstand, so sind die 8 mg CO_2 durch 1,83 zu dividieren, und man findet so 4,37 ccm CO_2. Enthielt die Sammelflasche beispielsweise 3420 ccm Luft, so war der Gehalt der Luft an CO_2: $\frac{4,37}{3420} = \frac{x}{1000}$, also 1,28 Promille.

B. Approximative Bestimmung.

Der Lunge-Zeckendorffsche Apparat wird entweder von Cramer in Zürich fertig bezogen, oder man stellt sich den Apparat folgendermaßen zu-

sammen: Zu einem Pulverfläschchen von etwa 80 ccm Kapazität wird ein passender doppelt durchbohrter Kautschukstopfen ausgesucht. Die eine Bohrung trägt ein gerades, bis zum Boden des Fläschchens reichendes Glasrohr und an dessen äußerer Spitze ein Stück Gummischlauch; durch die andere Bohrung ist ein kurzes gekrümmtes Glasrohr gesteckt, dessen äußeres Ende durch einen Kautschukschlauch mit einem Gummiballon von etwa 70 ccm Kapazität verbunden ist. Ein Längsschlitz in dem letzterwähnten Gummischlauch liefert ein Ventil, das beim Komprimieren des Ballons die Luft vollständig austreten läßt, wenn gleichzeitig der Kautschukansatz auf dem geraden Glasrohr zugeklemmt wird; läßt man aber dann den Ballon los und hebt gleichzeitig jenen Verschluß auf, so geht alle Luft nur durch das gerade Glasrohr und das Pulverfläschchen in den Ballon, während das Ventil keine Luft passieren läßt.

In das Fläschchen bringt man 10 ccm einer dünnen, mit Phenolphtalein rot gefärbten Sodalösung (man hält sich zweckmäßig eine Lösung von 5,3 g wasserfreier Soda in 1 Liter = $^1/_{10}$ Normalsodalösung vorrätig, in welcher man 0,1 g Phenolphtalein aufgelöst hat. Von dieser Lösung verdünnt man am Versuchstage 2 ccm mit 100 ccm destillierten, ausgekochten und wieder abgekühlten Wassers). Sodann läßt man mit Hilfe des Ballons und der beschriebenen Ventilwirkung eine Ballonfüllung Luft des Untersuchungsraumes nach der anderen durch die Sodalösung streichen; nach jeder frischen Füllung schließt man mit dem Finger den offenen Kautschuckschlauch und schüttelt das Gläschen eine volle Minute lang, damit alle CO_2 der Luft absorbiert wird. In dieser Weise fährt man fort, bis die Sodalösung entfärbt ist. Aus der bis dahin verbrauchten Zahl von Ballonfüllungen läßt sich der CO_2-Gehalt der Luft annähernd entnehmen. Im Mittel braucht man

in einer Luft von 0,3 Promille CO_2	48 Ballonfüllungen
„ „ „ „ 0,4 „ „	35 „
„ „ „ „ 0,5 „ „	27 „
„ „ „ „ 0,6 „ „	21 „
„ „ „ „ 0,7 „ „	17 „
„ „ „ „ 0,8 „ „	13 „
„ „ „ „ 0,9 „ „	10 „
„ „ „ „ 1,0 „ „	9 „
„ „ „ „ 1,2 „ „	8 „
„ „ „ „ 1,4 „ „	7 „
„ „ „ „ 1,5 „ „	6 „

Geht der CO_2-Gehalt der Luft über 1,5 Promille hinaus, so ist es besser, den Versuch mit einer doppelt so starken Sodalösung (2 ccm der Stammlösung mit 50 ccm Wasser verdünnt) zu wiederholen. Bei Verwendung dieser Lösung zeigen an:

1,2 Promille CO_2	16 Ballonfüllungen
1,5 „ „	12 „
2,0 „ „	8 „
2,2 „ „	7 „
2,5 „ „	6 „
3,0 „ „	5 „
3,7 „ „	4 „

Obige Tabellen geben nur Mittelwerte. Will man einigermaßen sichere Resultate haben, so muß man in Luft von verschiedenem CO_2-Gehalt die CO_2 mittels der oben angegebenen genauen Methode bestimmen, und gleichzeitig sehen, wieviel Ballonfüllungen mit einem bestimmten Apparat auf diesen bekannten CO_2-Gehalt verbraucht werden. Für den in dieser Weise in 2 oder 3 Luftarten geeichten Apparat entwirft man eine korrigierte Tabelle und erhält dann befriedigende Resultate.

3. Untersuchung der Luft auf Kohlenoxyd und schweflige Säure.

a) Die auf CO verdächtige Luft wird, wie bei der CO_2-Bestimmung, in einem großen Glaskolben gesammelt und mit 20 ccm einer 20%igen Blutlösung eine Viertelstunde lang geschüttelt. Der Nachweis von CO kann alsdann erfolgen.

1. Chemisch: a) 15 ccm 1%ige Tanninlösung werden zu je 5 ccm der fraglichen Blutlösung und einer gleich starken normalen Blutlösung zugesetzt und geschüttelt. Bei CO-Blut entsteht ein Niederschlag, der nach 1—2 Stunden bräunlichrot wird, beim Kontrollblut ein Niederschlag, der graubraun wird. (Die Probe ist monatelang haltbar.)

b) 5 ccm 20%ige Ferrocyankaliumlösung und 1 ccm 33%ige Essigsäure werden zu je 10 ccm der fraglichen Blutlösung und einer gleich starken normalen Blutlösung zugesetzt und geschüttelt. Bei CO-Blut bildet sich alsbald ein rotbrauner, beim Kontrollblut ein graubrauner Niederschlag. (Die Probe ist nicht haltbar.)

2. Spektroskopisch: Man verdünnt beide Blutlösungen ca. 200—300fach bis zu blaßroter Farbe und vergleicht sie im Spektroskop. CO-Blut gibt zwei Absorptionsstreifen im Gelb (zwischen den Linien D und E) wie das normale Oxyhämoglobin-Blut, nur etwas von D nach E hin verschoben. Dieser Unterschied ist jedoch nur mit sehr guten Instrumenten deutlich zu erkennen. Um leichter erkennbare Unterschiede zu erhalten, setzt man zu beiden Lösungen einige Tropfen einer reduzierden Flüssigkeit, z. B. Schwefelammonium. Das CO-freie Blut weist alsdann nur einen breiten, dunklen Absorptionsstreifen etwa an der gleichen Stelle von D bis E bis in Grün hinein auf, während das CO-Blut seine zwei Streifen beibehält.

b) SO_2-Bestimmung in der Luft.

Prinzip: Eine bestimmte Menge Luft wird durch $^1/_{50}$ Normal-Jodlösung geleitet und darin die SO_2 absorbiert: $SO_2 + J_2 + 2H_2O = SO_4H_2 + 2HJ$. Der unveränderte Jod-Rest wird alsdann durch Titration mit $^1/_{50}$ Normal-Natriumthiosulfatlösung ($2Na_2S_2O_3 + 2J = 2NaJ + Na_2S_4O_6$) bestimmt und daraus die SO_2-Menge berechnet.

Ausführung: Mittels eines Aspirators wird eine bestimmte Luftmenge durch eine Peligotsche Röhre mit 20 ccm $^n/_{50}$ Jodlösung und weiterhin durch eine gleiche Vorlage mit 5 ccm $^n/_{50}$ Natriumthiosulfatlösung gesaugt, durch welch letztere etwa mitgerissene Joddämpfe zurückgehalten werden. Nach dem Durchleiten gießt man beide Lösungen in ein Becherglas zusammen, spült beide Vorlagen mit destilliertem Wasser aus und dieses gleichfalls in das Becherglas, setzt einige Tropfen Stärkelösung als Indikator hinzu und titriert bis zur Entfärbung.

Berechnung: Gesetzt, nach dem Durchsaugen der Luft wären zur Titration der 15 ccm Jodlösung (nämlich 20 ccm Jodlösung — 5 ccm Natriumthiosulfat-

lösung) nicht 15, sondern nur 10 ccm $^n/_{50}$ Natriumthiosulfatlösung gebraucht worden, so wären 5 ccm der Jodlösung durch SO_2 gebunden worden. Nun entspricht 1 ccm der Jodlösung 128 mg SO_2, mithin 5 ccm 640 mg SO_2. Die durchgesaugte Luftmenge enthielt also 0,640 g SO_2.

4. Chemische Trinkwasseranalyse.

A. Organische Stoffe (Sauerstoffverbrauch).

Reagenzien. 1. Oxalsäurelösung, 0,63 g im Liter gelöst. 10 ccm dieser Lösung verbrauchen 0,8 mg Sauerstoff zur Oxydation. Die Lösung ist etwa 2 Wochen haltbar. 2. Lösung von 0,35 g Kaliumpermanganat ($KMnO_4$) in 1 Liter Wasser. Diese Lösung ist in folgender Weise auf die Oxalsäure genau einzustellen: In einen Kochkolben von 300 ccm Kapazität kommen 100 ccm reines destilliertes Wasser und 5 ccm verdünnte Schwefelsäure (1 Säure + 3 aq.). Man erhitzt und hält 5 Minuten im Sieden; fügt dann zur Zerstörung etwa noch vorhandener organischer Substanzen so viel $KMnO_4$ zu, bis bei weiterem Erhitzen schwache Rosafärbung bestehen bleibt. Dann fügt man 10 ccm der Oxalsäurelösung zu, und läßt in die heiße Flüssigkeit aus der auf den Nullpunkt wieder aufgefüllten Bürette Chamäleonlösung zufließen, bis eben schwache Rötung eintritt. Die bis zu diesem Punkte verbrauchten Kubikzentimeter Chamäleonlösung vermögen dann gerade jene 0,8 mg Sauerstoff abzugeben, welche die 10 ccm Oxalsäure zur Oxydation erfordern. Die Chamäleonlösung wird eventuell der einfacheren Rechnung wegen noch weiter verdünnt, bis 10 ccm genau 0,8 mg O entsprechen.

Ausführung: In dem vorhin gebrauchten Kochkolben werden 100 ccm des zu untersuchenden Wassers + 5 ccm verdünnte Schwefelsäure zum Sieden erhitzt; man fügt 7—8 ccm Chamäleonlösung und kocht genau 10 Minuten; wird während des Siedens die Farbe erheblich blasser, so setzt man einige weitere Kubikzentimeter Chamäleonlösung zu. Nach Ablauf der 10 Minuten läßt man 10 ccm der Oxalsäurelösung einlaufen, worauf sofort Entfärbung eintritt, nimmt den Kolben von der Flamme fort und fügt nun tropfenweise Chamäleonlösung zu, bis schwache Rosafärbung bestehen bleibt. — Von dem Gesamtverbrauch an Chamäleonlösung zieht man die zur Oxydation der 10 ccm Oxalsäure verbrauchten Kubikzentimeter ab und erhält so die Menge Chamäleon, welche von den organischen Stoffen der 100 ccm Wasser zur Oxydation konsumiert sind.

Beispiel: Titer der Chamäleonlösung: 9,4 ccm = 10 ccm Oxalsäurelösung = 0,8 mg Sauerstoff; 1 ccm Chamäleon also = 0,085 mg Sauerstoff. — 100 ccm Wasser verbrauchten im Versuch im ganzen 17,6 ccm Chamäleonlösung; davon gehen 9,4 auf Rechnung der zugesetzten Oxalsäure: es bleiben = 8,2 ccm = 8,2 × 0,085 mg Sauerstoff. 100 ccm Wasser verbrauchen folglich = 0,697 mg, 1 Liter = 6,97 mg Sauerstoff. — Will man auf Verbrauch von Permanganat umrechnen, so ist die Sauerstoffmenge mit 3,94 zu multiplizieren.

B. Ammoniak.

Das Nesslersche Reagenz erzeugt mit den fast stets in Wässern vorhandenen Kalksalzen einen Niederschlag, der die Abschätzung der mit NH_3 entstehenden Färbung hindert. Zur Entfernung der Kalksalze versetzt man daher zunächst 300 ccm des zu untersuchenden Wassers in einem hohen Zylinder mit

1 ccm Natronlauge (1 : 4) und 2 ccm Sodalösung (1 : 3). Nach 6—12stündigem Stehen und vollständigem Absetzen des Niederschlages nimmt man von der klaren Flüssigkeit 20 ccm und versetzt mit 1 ccm des Nesslerschen Reagenz. Durch Gelbfärbung oder gelbrötlichen Niederschlag ist NH_3 nachgewiesen.

Zur quantitativen Abschätzung löst man 3,141 g Salmiak (= 1 g NH_3) in 1 Liter Wasser. Davon entnimmt man 50 ccm und verdünnt auf 1 Liter, so daß 1 ccm dieser Lösung 0,05 mg NH_3 enthält. Nun füllt man in drei gleiche Zylinder je 100 ccm dest. Wasser, setzt dem einen 0,1 ccm, dem zweiten 0,5 ccm und dem dritten 1,0 ccm der NH_3-Lösung zu, einem NH_3-Gehalt von 0,005, von 0,025 und von 0,05 mg in 100 ccm entsprechend. In jeden Zylinder gibt man ferner 1 ccm Nesslerschen Reagens, füllt nun einen vierten Zylinder mit 100 ccm des zu untersuchenden Wassers, versetzt auch dieses mit 1 ccm Nessler und vergleicht die Färbung der Proben, indem man von oben durch die Höhe der Schicht gegen eine weiße Unterlage sieht. Ist die Farbe des Wassers keiner der Proben von bekanntem NH_3-Gehalt gleich, so werden weitere Stufen von letzterem hergestellt, bis das untersuchte Wasser und eine Probe von bekanntem Gehalt harmonieren.

C. Salpetrige Säure.

100 ccm Wasser werden in einem Zylinder mit 1—2 ccm verdünnter SO_4H_2 und mit ungefähr 3 ccm Zinkjodidstärkelösung versetzt. Blaufärbung zeigt Nitrite an.

Quantitative Abschätzung erfolgt durch kolorimetrische Vergleichung, wie bei der Bestimmung des NH_3. Als Vergleichsflüssigkeit dient eine Lösung von 1,815 g $NaNO_2$ (= 1 g N_2O_3) in 1 Liter; zum Gebrauch werden 10 ccm auf 1 Liter verdünnt, so daß 1 ccm = 0,01 mg N_2O_3 enthält. Von dieser Lösung fügt man zu je 100 ccm 0,2, 1,0 und 5,0 ccm, und schaltet nach Bedarf weitere Vergleichsstufen ein.

Oder: Etwa 10 ccm Wasser werden mit etwas Sulfanilsäurelösung (0,5 g Sulfanilsäure in 150 ccm verdünnter Essigsäure) versetzt und nach einiger Zeit etwas α-Naphthylaminlösung hinzugefügt. Rotfärbung zeigt N_2O_3 an. — Die α-Naphthylaminlösung wird hergestellt, indem man 0,2 g festes α-Naphthylamin mit 20 ccm Wasser kocht, die farblose Lösung vom Rückstand abgießt und mit 150 ccm verdünnter Essigsäure versetzt.

D. Salpetersäure.

Qualitativ: 2 ccm Wasser werden im Reagenzglas mit einigen Tropfen Brucinlösung versetzt; dann läßt man bei schräger Haltung des Glases vorsichtig konzentrierte Schwefelsäure am Rande herunterfließen. An den Berührungsstellen der beiden übereinander geschichteten Flüssigkeiten entsteht vorübergehend ein rosafarbener Ring.

Oder: Man prüft mit dem Diphenylaminnitratreagenz nach Tillmans: Man füllt in einen kleinen Meßzylinder 4 ccm des Reagenses ein, fügt einen Tropfen Salzsäure, 1 ccm zu untersuchendes Wasser zu und schüttelt durch. Blaufärbung zeigt Salpetersäure an. Ist salpetrige Säure vorhanden, so ist diese zu entfernen, indem man zu 100 ccm des zu prüfenden Wassers 5 Tropfen verdünnte Schwefel-

säure und 200 mg Harnstoff zugibt. Nach 24stündigem Stehen in der Kälte ist die salpetrige Säure in elementaren Stickstoff zerlegt.

Diphenylaminreagenz: 0,085 g Diphenylamin werden in einen 500 ccm Meßkolben gebracht und 190 ccm verdünnte Schwefelsäure (1 + 3 Vol.) aufgegossen. Man füllt dann mit konzentrierter Schwefelsäure vorsichtig zur Marke auf. Das Reagenz ist unbeschränkt haltbar.

Quantitativ: Verfahren von Noll mit Brucinschwefelsäure. 10 ccm Wasser werden in ein kleines Porzellanschälchen gebracht. In ein zweites werden je nach dem vermuteten Gehalt 1 bis 5 ccm einer Kaliumnitratlösung gebracht, welche genau 100 mg N_2O_5 im Liter enthält. Dann wird soviel destilliertes Wasser zugefügt, daß der Inhalt des zweiten Schälchens ebenfalls 10 ccm beträgt. Man gibt in jedes Schälchen einen kleinen Glasstab. Da das nun folgende Übergießen mit Brucinschwefelsäure in beiden Schalen genau gleichmäßig geschehen muß, so arbeiten am besten zwei Personen an der Ausführung der Bestimmung. Jeder gibt in eines der Schälchen 20 ccm Brucinschwefelsäure und rührt sofort die Flüssigkeit mit dem Glasstabe kräftig um. Das Rühren wird genau ¼ Minute lang fortgesetzt. Dann füllt jeder seine in der Schale befindliche Wasser-Brucinschwefelsäuremischung in einen Hehner-Zylinder, der vorher schon mit 73 ccm destilliertem Wasser beschickt war, über. Nun wird gewartet, bis die Luftblasen entwichen sind. Man sieht dann gegen eine weiße Unterlage von oben durch die je nach der Menge der vorhandenen Salpetersäure mehr oder weniger gelbgefärbten Flüssigkeiten und läßt von der stärker gefärbten Flüssigkeit durch den unteren Hahn so viel ab, bis beide Färbungen dem Auge gleich erscheinen. Mußte zur Erzielung der Farbengleichheit aus einem Zylinder mehr als 50 ccm abgelassen werden, so muß die Bestimmung unter Verwendung anderer Mengen von Vergleichslösung oder von Wasser wiederholt werden.

Kaliumnitratlösung: Vergleichslösung: 0,1872 reinstes, kristallisiertes Kaliumnitrat wird zu einem Liter Wasser gelöst. 1 ccm = 0,1 mg N_2O_5.

Brucin-Schwefelsäure: Eine Lösung von 0,5 g Brucin in 200 ccm konzentrierte Schwefelsäure. Die Lösung soll farblos bis schwach gelblich sein. Das Reagenz muß jedesmal frisch bereitet werden.

E. Chloride.

Reagenzien: 1. $^1/_{10}$ Normal-Silberlösung (17,0 g $AgNO_3$ = 10,8 g Ag in 1 Liter Wasser gelöst); 1 ccm der Lösung sättigt 3,55 mg Cl bzw. 5,85 mg ClNa. 2. Neutrale Kaliumchromatlösung, etwa 10 %.

Ausführung: 100 ccm Wasser werden in einem Wasserglas mit 3 bis 5 Tropfen der Kaliumchromatlösung versetzt. Dann fügt man aus der Bürette die Silberlösung zu, bis nach Umrühren mit einem Glasstabe die gelbe Farbe der ganzen Flüssigkeit sich in einen gelbroten Farbenton verwandelt hat. Die Zahl der bis dahin verbrauchten Kubikzentimeter Silberlösung gibt, multipliziert mit 3,55, die Milligramme Chlor an, die in 100 ccm Wasser enthalten waren.

F. Härte.

Seifenlösung, durch Auflösen von 20 g reiner Seife im Liter Alkohol von 56 Volumprozenten bereitet, wird gegen eine Kalk- oder besser Bariumlösung von

bekanntem Gehalt titriert. Man löst zu dem Zweck 0,523 g $BaCl_2$ in 1 Liter Wasser; diese Lösung entspricht 12 (deutschen) Härtegraden, d. h. 100 ccm enthalten eine 12 mg BaO äquivalente Ba-Menge. Man füllt dann 100 ccm Bariumlösung in eine Glasstopfenflasche von 200 ccm Kapazität, fügt Seifenlösung aus einer Bürette zu, setzt den Stopfen auf und schüttelt kräftig, fährt dann mit dem Zusatz der Seifenlösung fort, und zwar so lange, bis nach dem Schütteln ein feinblasiger Schaum auf der ganzen Oberfläche der Flüssigkeit etwa 5 Minuten stehen bleibt. Je nach dem Ausfall des Versuchs wird dann die Seifenlösung mit 56%igem Alkohol so weit verdünnt, daß gerade 45 ccm derselben bis zur Schaumbildung erforderlich sind.

Von dem untersuchenden Wasser werden ebenfalls 100 ccm in eine Stöpselflasche gefüllt und allmählich mit Seifenlösung titriert, bis bleibender Schaum auftritt. Werden mehr als 45 ccm verbraucht, so ist das Wasser zu verdünnen. Der Verbrauch an Seifenlösung ist dann nicht etwa der Härte des Wassers einfach proportional, sondern letztere ergibt sich aus folgender Tabelle:

Verbrauch an Seifenlösung		Härte in deutschen Härtegraden (Milligramm CaO in 100 ccm Wasser
3.4	0,4 ccm Seifenlösung entsprechen einer Härtezunahme um 0,1°	0,5
5.4		1,0
7,4		1,0
9,4		2,5
11.3	0,38 ccm Seifenlösung entsprechen einer Härtezunahme um 0,1°	2,5
13,2		3,0
15,1		3,5
17.0		4,0
18,0		4,5
20,8		5,0
22,6	0,36 ccm Seifenlösung entsprechen einer Härtezunahme um 0,1°	5,5
24.4		6 0
26,2		6,5
28,0		7,0
29,8		7.5
31,6		8,0
33,3	0,34 ccm Seifenlösung entsprechen einer Härtezunahme um 0,1°	8,5
35,0		9,0
36,7		9.5
38,4		10,0
40.1		10,5
41,8		11,0
43,4	0,32 ccm Seifenlösung entsprechen einer Härtezunahme um 0,1°	11,5
45,0		12,0

Bestimmung der Gesamthärte nach der Methode von Blacher: 100 ccm Wasser werden mit 1 Tropfen 1%iger alkoholischer Methylorangelösung versetzt und mit $^{n}/_{10}$ Salzsäure zunächst bis zum Umschlag auf deutlich rot titriert. Die Entfernung der freien Kohlensäure unterstützt man, indem man durch die Flüssigkeit mit Hilfe eines Luftgebläses Luft durchbläst. Nun

gibt man Phenolphthalein zu und stumpft den geringen Säureüberschuß durch Zufügen von einigen Tropfen $^n/_{10}$ alkoholischen Kali ab, indem man davon so viel zusetzt, daß zuerst die rote Farbe des Methylorange verschwindet und dann eine ganz schwach alkalische Reaktion des Phenolphthaleins eben auftritt. Darauf läßt man Kaliumpalmitatlösung aus einer Bürette unter Umschwenken hinzufließen, bis eine deutliche Rotfärbung erscheint. Die verbrauchten Kubikzentimeter $^n/_{10}$ Kaliumpalmitat mit 2,8 multipliziert geben die Gesamthärte des Wassers in deutschen Graden an.

Kaliumpalmitatlösung: $^1/_{10}$ Lösung. 25,6 g Palmitinsäure (rein) werden in einem Literkolben eingewogen und mit 500 ccm 96%igen Alkohols und 300 ccm destilliertem Wasser übergossen. Darauf wird auf dem Wasserbade bis zur Lösung erwärmt, nachdem man vorher noch 0,1 g Phenolphthalein zugefügt hat. In einem Becherglase wägt man etwa 7—7,5 g festes Kalihydrat ab. Man löst in etwa 50 ccm 96 % Alkohol und fügt nun von dieser Lösung soviel zu der im Literkolben befindlichen Palmitinsäure hinzu, bis eben eine Rosafärbung auftritt. Nach dem Erkalten wird auf 1 Liter mit Alkohol aufgefüllt und gemischt.

Einstellung der Palmitatlösung: Man gibt 10 bis 20 ccm gesättigtes Kalkwasser in 100 ccm neutrales kohlensäurefreies Wasser und titriert zunächst mit Phenolphthalein und $^n/_{10}$ Salzsäure auf farblos. Die so gegen Phenolphthalein neutralisierte Lösung wird dann mit der Kaliumpalmitatlösung titriert. Ist die Kaliumpalmitatlösung genau $^n/_{10}$, so müssen ebensoviel Kubikzentimeter Kaliumpalmitat verbraucht werden, wie $^n/_{10}$ Salzsäure verbraucht werden. Ist die Lösung nicht genau $^n/_{10}$ normal, so rechnet man den Faktor zur Umrechnung auf $^1/_{10}$ normal aus.

G. Eisennachweis.

Qualitativ: 1. Bei Anwesenheit nicht zu kleiner Mengen von Ferrosalzen im Wasser erhält man beim Einwerfen eines kleinen Kristalles Ferrizyankalium (rotes Blutlaugensalz) grünblaue Färbung.

2. Kleine Eisenmengen (bis hinab zu 0,15 mg Fe) sind noch bei Zusatz einer 10%igen Natriumsulfidlösung (etwa 1 ccm auf 100 ccm Wasser) an der entstehenden gelbgrünen bis braunen Färbung zu erkennen. Das entstandene Ferrosulfid ist in Salzsäure löslich zum Unterschiede von Blei- und Kupfersulfid.

3. Nachweis und Bestimmung mittels Rhodankalium nach Heubler. Ein ungefähr 150 ccm fassender Meßzylinder wird mit etwa 100 ccm des zu untersuchenden Wassers gefüllt; man setzt 1 ccm 3%ige H_2O_2-Lösung zu und säuert nach dem Umschütteln mit etwa 3 ccm eisenfreier rauchender Salzsäure (1,19) an. Dann fügt man etwa 10 ccm 10%ige Rhodankaliumlösung zu. Man bekommt noch Rosafärbung bei einem Gehalt von 0,2 mg in 1 Liter, rotgelbe Färbung bei 0,4 mg, rote Färbung bei 0,5 mg und darüber.

Quantitativ: Größere Eisenmengen können gleich nach der Entnahme durch Titrieren mit Chamäleonlösung unter Zusatz von Schwefelsäure in der Kälte ermittelt werden. — Man stellt sich eine normal-Kaliumpermanganatlösung her durch Auflösen von 31,63 g Kaliumpermanganat im Liter. 10 ccm dieser Lösung werden zu einem Liter aufgefüllt. Dies ergibt eine Hundertstel-Normallösung, wovon 1 ccm 0,56 mg Fe entspricht. — 100 ccm des zu untersuchenden Wassers

werden mit etwa 5 ccm Schwefelsäure versetzt und aus einer Bürette die Permanganatlösung bis zur bleibenden schwachen Rotfärbung hinzugefügt. Die verbrauchten Kubikzentimeter, mit 0,56 multipliziert, ergeben den Gehalt des Wassers an Fe. — Eine annähernde kolorimetrische Bestimmung gelingt bei schärferer Abstufung der oben angeführten Heublerschen Methode.

H. Mangannachweis.

1. Etwa 25 ccm Wasser werden mit etwa 10 ccm 25%iger Salpetersäure in einem Erlenmeyer-Kölbchen etwa 5 Minuten lang gekocht. Jetzt läßt man etwas abkühlen und kocht nach Zusatz von einer tüchtigen Messerspitze Bleisuperoxyd nochmals 10 Minuten lang. Bei Anwesenheit von Mangan zeigt die Flüssigkeit nach dem Absetzen der suspendierten Teilchen eine Rotfärbung infolge Bildung von Permangansäure.

2. Nach Baumert und Holdefleiss: Man mischt 10 ccm des Wassers in einem Reagenzglase mit einigen Tropfen 10%iger Lösung von Ammoniumpersulfat $S_2O_8(NH_4)_2$ und verdünnter Salpetersäure, fügt dann etwas mehr Silbernitratlösung, als zur Fällung des Chlors notwendig ist, hinzu und schüttelt um; tritt sogleich oder nach einigen Minuten eine mehr oder weniger deutliche Rotfärbung ein, so ist Mangan nachgewiesen.

3. Nach der Methode Tillmans und Mildner. In einen 25 ccm-Mischzylinder gibt man 10 ccm des zu untersuchenden Wassers, fügt einige Körnchen festes Kaliumperjodat hinzu und schüttelt etwa eine Minute lang kräftig durch. Bei Gegenwart von Mangan in Mengen von über 0,5 mg/l nimmt die Flüssigkeit eine braune Färbung von ausgeschiedenem Braunstein an. Man säuert nur mit 3 Tropfen (nicht mehr!) Eisessig an, schüttelt durch und gibt einige Kubikzentimeter einer Lösung von Tetramethyldiamidophenylmethan in Chloroform (1 Messerspitze der ungefärbten Base in 4 ccm) zu und schüttelt abermals kurz durch. Bei Gegenwart von Mangan tritt sofort eine Blaufärbung der wäßrigen Schicht auf.

Register.





